

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2020 年工程建设规范标准编制及相关工作计划〉的通知》(建标函〔2020〕9 号)的要求,标准编制组经深入调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语和缩略语、基本规定、平面控制测量、高程控制测量、陆域地形测量、水域地形测量、施工测量、变形监测、其他测量、竣工测量等。

本标准修订的主要内容是:

1. 增加了“基本规定”内容;
2. 修订了卫星遥感与航空摄影测量的技术要求;
3. 增加了三维激光扫描测量的技术要求;
4. 增加了基坑监测、在线变形监测等方面的技术要求;
5. 增加了土石方测量等方面的技术要求;
6. 增加了“竣工测量”内容。

本标准由住房和城乡建设部负责管理。

本标准起草单位:中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司(广东省广州市黄埔区科学城天丰路 1 号,邮政编码:510663)
电力规划设计总院
中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司
中国核电工程有限公司
中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

山东电力工程咨询院有限公司

中国电力工程顾问集团华北电力设计
院有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计
院有限公司

中国电力工程顾问集团西南电力设计
院有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计
院有限公司

本标准主要起草人员：张小望 陈伦清 姚麒麟 代宏柏
王旭宏 薛艳东 常增亮 曹玉明
程正逢 付元盛 朱宏波 贾玉明
胡 博 李建国 黄玉林 陈隽敏
杨立建 张 健

本标准主要审查人员：尹洪斌 陈亚明 郑勇峰 胡双跃
王志勇 吴建扬 郝宝诚 石克勤
胡茂林 柴 中 徐君明 柴秀伟
毛 克 单龙学

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和缩略语	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	缩略语	(3)
3	基本规定	(4)
4	平面控制测量	(6)
4.1	一般规定	(6)
4.2	控制网的设计与选点埋石	(6)
4.3	GNSS 测量	(7)
4.4	导线测量	(13)
4.5	三角形网测量	(20)
5	高程控制测量	(24)
5.1	一般规定	(24)
5.2	水准测量	(24)
5.3	三角高程测量	(29)
5.4	GNSS 高程测量	(32)
6	陆域地形测量	(33)
6.1	一般规定	(33)
6.2	图根控制测量	(36)
6.3	全站仪测图	(40)
6.4	GNSS RTK 测图	(41)
6.5	卫星遥感与航空摄影测量	(44)
6.6	三维激光扫描测量	(48)
6.7	地物测绘	(51)

6.8	地貌测绘	(54)
6.9	地形图整饰及检查	(55)
7	水域地形测量	(59)
7.1	一般规定	(59)
7.2	导航定位	(60)
7.3	水深测量	(63)
7.4	侧扫声呐探测	(68)
7.5	水域地形图绘制	(70)
8	施工测量	(73)
8.1	一般规定	(73)
8.2	初级网测量	(74)
8.3	次级网测量	(75)
8.4	微网测量	(80)
8.5	微网传递测量	(83)
8.6	施工测量及检测	(84)
8.7	数据处理及成果提交	(90)
9	变形监测	(92)
9.1	一般规定	(92)
9.2	水平位移测量	(93)
9.3	垂直位移测量	(96)
9.4	在线变形监测	(99)
9.5	数据处理与变形分析	(100)
10	其他测量	(102)
10.1	一般规定	(102)
10.2	勘探点、线测量	(102)
10.3	水文测量	(104)
10.4	管线工程测量	(105)
10.5	土石方测量	(110)
11	竣工测量	(111)

11.1	一般规定	(111)
11.2	竣工图测绘	(111)
附录 A	坐标联系测量	(115)
附录 B	平面控制点标志及标石的埋设规格	(118)
附录 C	控制点点之记	(120)
附录 D	GNSS 测量记录手簿格式	(121)
附录 E	大地坐标系的椭球基本参数和几种 曲率半径的计算	(122)
附录 F	全国主要高程系统零点高程互换表	(124)
附录 G	各等级高程控制点标志、埋石类型及要求	(125)
附录 H	次级网点、微网点和测量通视孔标志、 埋设规格及要求	(127)
附录 J	建(构)筑物主体倾斜率和按差异沉降推算 主体倾斜值的计算公式	(131)
附录 K	基础相对倾斜值和基础挠度计算公式	(132)
	本标准用词说明	(134)
	引用标准名录	(135)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and abbreviations	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Abbreviations	(3)
3	Basic requirements	(4)
4	Horizontal control survey	(6)
4.1	General requirements	(6)
4.2	Control network design, reconnaissance and setting monument	(6)
4.3	GNSS survey	(7)
4.4	Traverse survey	(13)
4.5	Triangular control network survey	(20)
5	Vertical control survey	(24)
5.1	General requirements	(24)
5.2	Leveling	(24)
5.3	Trigonometric leveling	(29)
5.4	GNSS leveling	(32)
6	Land topographic survey	(33)
6.1	General requirements	(33)
6.2	Mapping control survey	(36)
6.3	Total station surveying and mapping	(40)
6.4	GNSS RTK surveying and mapping	(41)
6.5	Satellite remote sensing and aerial photogrammetry	(44)
6.6	3D laser scanning survey	(48)

6.7	Ground-object survey	(51)
6.8	Geomorphological survey	(54)
6.9	Decoration and checking of topographic map	(55)
7	Underwater topographic survey	(59)
7.1	General requirements	(59)
7.2	Navigation and position	(60)
7.3	Underwater depth survey	(63)
7.4	Side scan sonar detecting	(68)
7.5	Underwater topographic survey	(70)
8	Construction survey	(73)
8.1	General requirements	(73)
8.2	Primary control network survey	(74)
8.3	Secondary control network survey	(75)
8.4	Micro-grid control network survey	(80)
8.5	Micro-grid control network transfer survey	(83)
8.6	Construction survey and detection	(84)
8.7	Data processing and results submitting	(90)
9	Deformation monitoring	(92)
9.1	General requirements	(92)
9.2	Horizontal displacement survey	(93)
9.3	Vertical displacement survey	(96)
9.4	On line deformation monitoring	(99)
9.5	Data processing and deformation analysis	(100)
10	Other surveys	(102)
10.1	General requirements	(102)
10.2	Exploratory point,line survey	(102)
10.3	Hydrographic survey	(104)
10.4	Pipeline engineering survey	(105)
10.5	Earthwork volume survey	(110)

11	As-built survey	(111)
11.1	General requirements	(111)
11.2	As-built drawing survey	(111)
Appendix A	Coordinate systems affiliation surveys	(115)
Appendix B	Markers of horizontal control points and buried specifications of the fixed monuments	(118)
Appendix C	Control points logging sheet	(120)
Appendix D	GNSS surveying hand-written log forms	(121)
Appendix E	The ellipsoid basic parameters of the geodetic coordinate system and several curvature radius calculations	(122)
Appendix F	The zero point elevation interchange table for the mainly national elevation systems	(124)
Appendix G	The different levels elevation control point signs, buried stone types and their requirements	(125)
Appendix H	Secondary control network points, micro-grid control network points and survey visibility aperture signs, buried specification and their requirements	(127)
Appendix J	The inclined percent of the mainly component buildings and the calculation formulae for the extrapolated inclined value of the mainly component buildings based on the method of the differentia sedimentation	(131)
Appendix K	Formulae for calculating relative tilt	

value of foundation and foundation	
deflection	(132)
Explanation of wording in this standard	(134)
List of quoted standards	(135)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

住房城乡建设部信息公开

浏览专用

1 总 则

1.0.1 为规范核电厂工程测量的技术要求,做到技术先进、经济合理、质量可靠、安全适用,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于陆上固定式核电厂在厂址选择、设计、建造阶段的测量工作。

1.0.3 本标准以中误差作为衡量测绘精度的标准,以 2 倍中误差作为极限误差。

1.0.4 核电厂工程测量除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术 语

2.1.1 核电厂 nuclear power plant

利用原子核裂变反应放出的核能来发电的发电厂,通常由一回路系统和二回路系统两大部分组成。

2.1.2 初级网 primary network

为满足前期土建施工、附属工程的定位和放线、次级网的建立等需要,在整个核电厂区布设的一组有特定精度要求的控制网。

2.1.3 次级网 secondary network

在初级网基础上布设的,为满足平整后厂区内主要建(构)筑物的施工定位和放线、微网测设、变形监测及局部控制加密等,由覆盖于核岛、常规岛等主要厂房周围的、若干个观测墩组成的控制网。

2.1.4 微网 micro-grid network

由设置在核岛、常规岛等厂房内混凝土基础底板或平台上的多个测量标志组成。必要时,在板、墙上预留通视孔洞,满足各厂房内部土建和安装的定位、检查、变形监测及局部控制加密等需要,是以次级网为基准引测的微型精密工程测量控制网。

2.1.5 变形监测 deformation monitoring

对监测对象的形状或位置变化进行监测,确定监测对象随时间变化的特征,并进行变形分析的过程。

2.1.6 三维激光扫描 three dimensional laser scanning

通过发射激光获取被测物体表面三维坐标、反射光强度等多种信息的非接触式主动测量方式,主要包括地面三维激光扫描和机载激光雷达扫描两种方式。

2.1.7 点云 point cloud

通过测量方式获取三维空间中目标表面特性的海量点集合。

2.1.8 竣工测量 as-built survey

工程竣工时,为获取工程中各种建(构)筑物、道路、管网或隐蔽工程形体等施工完成后的平面位置、高程及其相关尺寸而进行的测量工作。

2.1.9 竣工图 as-built drawing

反映工程建成后实际情况的图件。

2.2 缩 略 语

BDS——BeiDou Navigation Satellite System,北斗卫星导航系统;

CORS——Continuously Operating Reference Station System,连续运行参考站系统;

GNSS——Global Navigation Satellite System,全球导航卫星系统;

GNSS RTK——Global Navigation Satellite System Real Time Kinematic,全球导航卫星系统实时动态测量;

RBN-DGNSS——Radio Beacon-Differential Global Navigation Satellite System,无线电指向标-差分全球导航卫星系统;

IMU——Inertial Measurement Unit,惯性测量单元;

PDOP——Position Dilution of Precision,空间位置精度因子;

POS——Positioning and Orientation System,定位定姿系统;

GNSS RTD——Real Time Differential,全球导航卫星系统实时码差分。

3 基本规定

3.0.1 选址、设计阶段的测量工作,应采用现行的国家坐标系统和高程系统;建造阶段的测量工作,可采用建筑坐标系统。坐标联系测量应符合本标准附录 A 的规定。

3.0.2 水域地形测量的平面和高程系统,应与陆域测量的平面和高程系统一致。当两者不一致时,应求出两者之间的换算关系。当同时进行陆域测量和水域地形测量时,应以陆域测量为主,布设统一的控制网。

3.0.3 首级平面控制网最弱点的点位中误差不应大于 5cm。

3.0.4 首级高程控制的水准网或水准路线中互为最远点的高差中误差不应大于 3cm。

3.0.5 地形图测图比例尺可根据核电厂工程设计阶段和建造阶段的需要,按表 3.0.5 选取。

表 3.0.5 地形图测图比例尺的选用

比例尺	用 途
1 : 10000	厂址普选、初步可行性研究
1 : 5000	厂址普选、初步可行性研究、可行性研究
1 : 2000	可行性研究、初步设计、施工图设计
1 : 1000	可行性研究、初步设计、施工图设计
1 : 500	初步设计、施工图设计、建造

3.0.6 测量仪器和相关设备使用前应进行检查、验证及校准。对所使用的软件,应经过鉴定或验证。

3.0.7 对工程中所引用的测量成果资料应进行检核;测量过程中的原始记录应真实和完整。

3.0.8 测量过程中记录的有关观测数据、图表、文档等电子版和纸质资料应分类整理归档,电子版测量成果宜采用不同存储介质进行备份。

3.0.9 测量工作应积极采用经过实践验证的新技术、新方法,测量结果应满足工程建设及本标准规定的精度要求。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 平面控制网可采用 GNSS 测量、导线测量、三角形网测量等方法建立。

4.1.2 平面控制网精度等级可依次分为三等、四等和一级、二级,首级控制网不应低于四等。

4.1.3 平面坐标系统应在满足测区内投影长度变形不大于 $1/40000$ 的要求下,做下列选择:

1 可采用统一的高斯正形投影 3° 带平面直角坐标系统。

2 可采用高斯正形投影 3° 带或任意带,投影面为测区抵偿高程面或测区平均高程面的平面直角坐标系统。

3 在已有平面控制网的地区,可沿用原有的坐标系统。

4 厂区内可采用建筑坐标系统。

4.2 控制网的设计与选点埋石

4.2.1 GNSS 控制网的布设应符合下列规定:

1 应根据测区的实际情况、精度要求、卫星状况、接收机的类型和数量,以及测区已有的测量资料进行综合设计。

2 首级网布设时,宜联测 2 个以上高等级国家控制点或地方控制点、连续运行参考站点;对控制网内的长边,宜构成大地四边形或中点多边形。

3 控制网应由独立观测边构成一个或若干个闭合环或附合路线,各等级控制网中构成闭合环或附合路线的边数不宜多于 6 条。

4 各等级控制网中独立基线的观测总数不宜少于必要观测

基线数的 1.5 倍。

4.2.2 导线网的布设应符合下列规定：

1 导线网用作测区的首级控制时，应布设成环形网，且宜联测 2 个已知方向。

2 加密网可采用单一附和导线或结点导线网形式。

3 导线宜布设成直伸形状，相邻边长之比不宜超过 1:3。

4 导线网内不同环节上的点不宜相距过近。

4.2.3 三角形网的布设应符合下列规定：

1 首级控制网中的三角形宜布设为近似等边三角形，其三角形的内角不应小于 30° 。当受地形条件限制时，个别角可放宽要求，但不应小于 25° 。

2 加密的控制网可采用插网、线形网或插点等形式。

4.2.4 控制点点位的选定应符合下列规定：

1 点位应选在土质坚实、稳固可靠、便于保存的位置，视野应相对开阔，并应便于加密、扩展和寻找。

2 应充分利用符合要求的原有控制点。

3 GNSS 测量控制点点位应选在高度角 15° 以上的范围内无障碍物的地方，且点位应避开隐蔽地带，附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或反射卫星信号的物体。

4 导线网及三角形网相邻点之间应通视良好，视线应避开烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场，且视线倾角不宜太大；其视线距障碍物的距离，三等、四等控制网不宜小于 1.5m。

4.2.5 控制点的埋石应符合本标准附录 B 的规定，点之记绘制应符合本标准附录 C 的规定。

4.3 GNSS 测量

I GNSS 测量的主要技术要求

4.3.1 各等级 GNSS 控制网的主要技术指标应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 GNSS 控制网的主要技术指标

等级	固定误差 A(mm)	比例误差系数 B(mm/km)	约束点间的 边长相对中误差	约束平差后 最弱边相对中误差
三等	≤10	≤5	≤1/150000	≤1/70000
四等	≤10	≤10	≤1/100000	≤1/40000
一级	≤10	≤20	≤1/40000	≤1/20000
二级	≤10	≤40	≤1/20000	≤1/10000

4.3.2 GNSS 测量中各等级控制网的基线精度可按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (4.3.2)$$

式中： σ ——基线长度中误差(mm)；

A——固定误差(mm)；

B——比例误差系数(mm/km)；

d——控制网的平均边长(km)。

4.3.3 GNSS 控制网观测精度的评定应符合下列规定：

1 GNSS 控制网的测量中误差可按下列公式计算：

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (4.3.3-1)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.3.3-2)$$

式中： m ——GNSS 控制网的测量中误差(mm)；

N——GNSS 控制网中异步环的个数；

n——异步环的边数；

W——异步环环线全长闭合差(mm)；

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环的各坐标分量闭合差(mm)。

2 GNSS 控制网的测量中误差应满足相应等级控制网的基线精度要求，并应符合下式的规定：

$$m \leq \sigma \quad (4.3.3-3)$$

II GNSS 控制测量静态观测

4.3.4 GNSS 控制测量静态观测作业的基本技术要求应符合表

4.3.4 的规定。

表 4.3.4 GNSS 控制测量静态观测作业的基本技术要求

等级	接收机类型	仪器标称精度	观测量	卫星高度角(°)	有效观测卫星数(颗)	观测时段长度(min)	数据采样间隔(s)	点位几何图形强度因子
三等	多频或双频	5mm+2ppm	载波相位	≥ 15	≥ 5	≥ 20	10~30	≤ 6
四等	多频或双频	5mm+2ppm	载波相位	≥ 15	≥ 4	≥ 15	10~30	≤ 6
一级	双频或单频	10mm+5ppm	载波相位	≥ 15	≥ 4	≥ 10	5~15	≤ 8
二级	双频或单频	10mm+5ppm	载波相位	≥ 15	≥ 4	≥ 10	5~15	≤ 8

4.3.5 对于面积较大的 GNSS 测区,应编制作业计划。

4.3.6 GNSS 测量观测前,应对接收机进行预热和静置,同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。

4.3.7 GNSS 观测,天线安置的对中误差不应大于 2mm,天线高的量取应精确至 1mm。

4.3.8 GNSS 测量作业时应避免在接收机近旁使用无线电通信工具。

4.3.9 GNSS 测量作业时应做好控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关信息的测站记录。GNSS 测量记录手簿格式应符合本标准附录 D 的规定。

III GNSS 控制测量静态观测数据处理

4.3.10 GNSS 测量数据处理时,基线解算可采用随机软件,并应符合下列规定:

- 1 起算点的单点定位观测时间不宜少于 30min。
- 2 解算模式可采用单基线解算模式,也可采用多基线解算

模式。

3 解算成果应采用双差固定解。

4.3.11 GNSS 控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和重复基线检核,并应符合下列规定:

1 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应符合下列限差要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.3.11-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.3.11-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.3.11-3)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (4.3.11-4)$$

2 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应符合下列限差要求:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.3.11-5)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.3.11-6)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.3.11-7)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (4.3.11-8)$$

3 重复基线的长度较差,应符合下列限差要求:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.3.11-9)$$

式中: σ ——相应等级基线长度中误差(mm),见本标准公式(4.3.2);

n ——异步环或同步环中基线边的个数;

W ——异步环或同步环环线全长闭合差(mm);

Δd ——长度较差(mm);

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环或同步环的各坐标分量闭合差(mm)。

4.3.12 当 GNSS 测量观测数据不能满足检核要求时,应对成果

进行全面分析,并应舍弃不合格基线,但应保证舍弃基线后,所构成异步环的边数不超过本标准第 4.2.1 条第 3 款的规定。当不满足本标准第 4.2.1 条第 3 款的规定时,应重测该基线或有关的同步图形。

4.3.13 GNSS 测量观测数据检验合格后,应按本标准第 4.3.3 条对 GNSS 控制网的观测精度进行评定。

4.3.14 GNSS 控制网的无约束平差应符合下列规定:

1 应在 WGS-84 坐标系中进行三维无约束平差。并提供各观测点在 WGS-84 坐标系中的三维坐标、各基线向量观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

2 无约束平差的基线向量改正数的绝对值不应超过相应等级基线长度中误差的 3 倍。

4.3.15 GNSS 控制网的约束平差应符合下列规定:

1 应在国家坐标系或独立坐标系中进行二维或三维约束平差。

2 对于已知坐标、距离或方位,可强约束,也可加约束。约束点间的边长相对中误差应符合本标准表 4.3.1 中相应等级的规定。

3 约束平差的基线向量改正数与经过剔除粗差后无约束平差结果的同一基线相应改正数较差的绝对值,不应超过相应等级基线中误差的 2 倍。

4 平差结果应输出观测点在相应坐标系中的二维或三维坐标、基线向量改正数、基线长度、基线方位角以及相关的精度信息等。有需要时,还应输出坐标转换参数及其精度信息。

5 控制网约束平差后最弱边相对中误差应符合本标准表 4.3.1 中相应等级的规定。

IV GNSS RTK 控制测量

4.3.16 二级平面控制测量可采用单基站 RTK 和网络 RTK 两种实时动态测量方式进行。

4.3.17 GNSS RTK 测量控制点宜成对进行测设,且应保证此对点间通视。

4.3.18 GNSS RTK 控制测量观测条件要求应符合表 4.3.18 的规定。

表 4.3.18 GNSS RTK 控制测量观测条件要求

GNSS 接收机配置		GNSS 接收机手工设置		观测时卫星条件		
平面 固定误差 (mm)	平面 比例误差 (mm/km)	采样率 (s)	平面 收敛精度 (mm)	截止 高度角 (°)	卫星 个数 (颗)	PDOP 值
≤10	≤2	2~5	≤20	≥15	≥5	≤6

4.3.19 GNSS RTK 控制测量作业前,应在至少一个同等级或高等级控制点位上进行校核,校核的平面位置偏差不应大于 50mm。作业中出现卫星失锁、数据通信中断时,也应进行校核。

4.3.20 GNSS RTK 控制测量观测技术要求应符合表 4.3.20 的规定。

表 4.3.20 GNSS RTK 控制测量观测技术要求

相邻点间 平均边长 (m)	边长相对中 误差	每点单测回 观测历元数 (个)	每点观测 测回数 (个)	测回间坐标 分量较差 (mm)	起算点等级
300	1/10000	≥10	≥3	≤25	一级及以上

注:相邻点间的距离不宜小于 150m。

4.3.21 每测回观测前均应重新对仪器进行初始化,测回间的时间中断间隔不应小于 60s,取各测回观测结果的中数作为每点 GNSS RTK 控制测量的最终观测成果。

4.3.22 采用单基站 RTK 方式测量时,单基站 RTK 测量作业半径不宜超过 5km。转换参数的平面精度不应大于 20mm。对无转换参数的测区,应在测区周边及中部选取不少于 4 个已知点进行点校正以获取转换参数。

4.3.23 采用网络 RTK 方式测量时,应获得系统服务的授权,流动站应在 CORS 网的有效服务区域内进行测量,并实现数据与服务控制中心的数据通信。

4.3.24 GNSS RTK 控制测量数据应包括控制点号、三维坐标、三维坐标精度、与观测值相应解的类型与观测时间等信息。

4.3.25 GNSS RTK 控制点测设完毕后应进行检核,检核的点数不应少于总点数的 10%,且不应少于一对点。检核可采用全站仪或 GNSS 静态的方式,检核的每对点的边长相对中误差,应符合本标准表 4.3.20 中的规定。

4.4 导线测量

I 导线测量的主要技术要求

4.4.1 各等级导线测量的主要技术要求应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 各等级导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数				方位角 闭合差 (")	导线全长 相对闭合差
						0.5"级 仪器	1"级 仪器	2"级 仪器	6"级 仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	4	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\leq 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	2	4	6	—	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	1/30000	1	1	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	1	1	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$

注: n 为测站数。

4.4.2 当导线平均边长较短时,应控制导线边数不超过本标准表 4.4.1 相应等级导线长度和平均边长算得的边数;当导线长度小于本标准表 4.4.1 规定长度的 1/3 时,导线全长绝对闭合差不应大于 13cm。

4.4.3 导线网中,结点与结点、结点与高级点之间的导线长度不应大于本标准表 4.4.1 中相应等级规定长度的 0.7 倍。

II 水平角观测

4.4.4 水平角应采用全站仪方向观测法进行观测,应符合下列规定:

1 方向观测法的技术要求不应超过表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	两次照准目标读数差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
三等、四等	0.5"级	1.5	4	8	4
	1"级	4	6	9	6
	2"级	6	8	13	9
一级、二级	2"级	—	12	18	12
	6"级	—	18	—	24

注:当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较,其值应符合表中一测回内 2C 互差的限值。

2 观测的方向数不多于 3 个时,可不归零。

3 观测的方向数多于 6 个时,可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向,其中一个应为共同零方向。其两组观测角之差,不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果,应按等权分组观测进行测站平差。

4 各测回间应按 180° 除以测回数均匀配置度盘。

5 应取各测回水平角观测的平均值作为测站成果。

4.4.5 三等、四等导线的水平角观测,当测站只有两个方向时,应在观测总测回中以奇数测回的度盘位置观测导线前进方向的左角、以偶数测回的度盘位置观测导线前进方向的右角。左、右角的测回数应为总测回数的一半。但在观测右角时,应以左角起始方向为准变换度盘位置,也可用起始方向的度盘位置加上左角的概值在前进方向配置度盘。左角平均值与右角平均值之和与 360°

之差,不应大于本标准表 4.4.1 中相应等级导线测角中误差的 2 倍。

4.4.6 水平角观测的测站作业应符合下列规定:

1 仪器或反光镜的对中误差不应大于 2mm。

2 水平角观测过程中,气泡中心位置偏离整置中心不宜超过 1 格。四等及以上等级的水平角观测,当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,宜在测回间重新整置气泡位置,观测限差应满足本标准第 4.4.4 条第 1 款的规定。

3 如受震动等外界因素的影响,仪器的补偿器无法正常工作或超出补偿器的补偿范围时,应停止观测。

4.4.7 水平角观测误差超限时,应在原来度盘位置上重测,并应符合下列规定:

1 一测回内 $2C$ 互差或同一方向值各测回较差超限时,应重测超限方向,并应联测零方向。

2 下半测回归零差或零方向的 $2C$ 互差超限时,应重测该测回。

3 若一测回中重测方向数超过总方向数的 $1/3$ 时,应重测该测回。当重测的测回数超过总测回数的 $1/3$ 时,应重测该站。

4.4.8 首级控制网所联测的已知方向的水平角观测,应按首级网相应等级的规定执行。

III 距离测量

4.4.9 全站仪的测距中误差应按下式进行估算:

$$m_D = a + b \cdot D \quad (4.4.9)$$

式中: m_D ——测距中误差(mm);

a ——仪器标称精度中的固定误差(mm);

b ——仪器标称精度中的比例误差系数(mm/km);

D ——测距长度(km)。

4.4.10 各等级控制网边长测距的主要技术要求应符合表 4.4.10 的规定。

表 4.4.10 测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回 读数较差 (mm)	单程各测 回较差 (mm)	往返测距 较差(mm)
		往	返			
三等	2mm 级	2	2	≤ 2	≤ 3	$\leq 2(a+b \cdot D)$
	5mm 级	3	3	≤ 5	≤ 7	
	10mm 级	4	4	≤ 10	≤ 15	
四等	2mm 级	1	1	≤ 2	≤ 3	
	5mm 级	2	2	≤ 5	≤ 7	
	10mm 级	3	3	≤ 10	≤ 15	
一级	10mm 级	1	4	≤ 10	≤ 15	
二级	10mm 级	1	—	≤ 10	≤ 15	—

注:1 全站仪按 1km 测距中误差计分为四级,2mm 级为 $|m_D| \leq 1\text{mm} + 1\text{ppm} \cdot D$;5mm 级为 $1\text{mm} + 1\text{ppm} \cdot D < |m_D| \leq 3\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot D$;10mm 级为 $3\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot D < |m_D| \leq 5\text{mm} + 5\text{ppm} \cdot D$;10mm 级外(等级外)为 $|m_D| > 5\text{mm} + 5\text{ppm} \cdot D$ 。

2 测回指照准目标一次,读数 2 次~4 次的过程。

3 根据具体情况,边长测距可采取不同时间段测量代替对向观测。

4.4.11 测距作业应符合下列规定:

1 测站对中误差和反光镜对中误差不应大于 2mm。

2 当观测数据超限时,应重测整个测回;当观测数据出现分群时,应分析原因,并应采取相应措施重新观测。

3 四等及以上等级控制网的边长测量,应分别量取两端点观测始末的气象数据,计算时应取平均值。

4 气象数据的测量应符合表 4.4.11 的规定。

表 4.4.11 气象数据的测量要求

等级	最小读数		测定的时间间隔	数据取用
	温度(℃)	气压(Pa)		
三等	0.2	50(或 0.5mmHg)	每边两端观测始末	每边两端的平均值
四等	0.5	50(或 0.5mmHg)	每边两端观测始末	每边两端的平均值

续表 4.4.11

等级	最小读数		测定的时间间隔	数据取用
	温度(℃)	气压(Pa)		
一级	1	100(或 1mmHg)	每边测定一次	测站端的数据
二级	1	100(或 1mmHg)	一时段始末 各测定一次	测站端的数据

注:1 温度计应悬挂在与测距视线同高且不受日光辐射影响和通风的地方。

2 气压计应置平,指针不应滞阻,避免日光曝晒。

5 当测边用三角高程测量方法测定的高差进行修正时,垂直角的观测和对向观测高差较差要求,可按本标准第 5.3.2 条和第 5.3.3 条中五等三角高程测量的有关规定执行。

IV 导线测量数据处理

4.4.12 水平距离计算应符合下列规定:

1 测量斜距应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后,再进行水平距离计算。

2 三角高程测量方法测定两点间的高差时,应进行大气折光改正和地球曲率改正。

3 水平距离可按下式计算:

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (4.4.12)$$

式中: D_p ——测线的水平距离(m);

S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距(m);

h ——仪器发射中心与反光镜反射中心之间的高差(m)。

4.4.13 导线网水平角观测的测角中误差应按下式计算:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_\beta f_\beta}{n} \right]} \quad (4.4.13)$$

式中: m_β ——测角中误差(");

f_β ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差(");

n ——计算 f_β 时的相应测站数;

N ——闭合环及附和导线的总数。

4.4.14 测边的精度评定应按下列公式计算:

1 单位权中误差:

$$\mu = \sqrt{\frac{Pdd}{2n}} \quad (4.4.14-1)$$

式中: μ ——单位权中误差;

d ——各边往、返距离的较差(mm);

n ——测边数;

P ——各边距离的先验权,其值为 $1/\sigma_D^2$, σ_D 为测距的先验中误差,可按全站仪的测距标称精度计算。

2 任一边的实际测距中误差:

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (4.4.14-2)$$

式中: m_{Di} ——第 i 边的实际测距中误差(mm);

P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

3 当网中的边长相差不大时,可按不式计算网的平均测距中误差:

$$m_D = \sqrt{\frac{dd}{2n}} \quad (4.4.14-3)$$

式中: m_D ——平均测距中误差(mm)。

4.4.15 测边长度的归化投影计算应符合下列规定:

1 归算到测区平均高程面上的测边长度应按下列式计算:

$$D_H = D_P \left(1 + \frac{H_P - H_m}{R_A} \right) \quad (4.4.15-1)$$

式中: D_H ——归算到测区平均高程面上的测边长度(m);

D_P ——测线的水平距离(m);

H_P ——测区的平均高程(m);

H_m ——测边两端点的平均高程(m);

R_A ——参考椭球体在测边方向法截弧的曲率半径(m)。

2 归算到参考椭球面上的测边长度应按下列式计算:

$$D_0 = D_p \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (4.4.15-2)$$

式中： D_0 ——归算到参考椭球面上的测边长度(m)；

h_m ——测区大地水准面高出参考椭球面的高差(m)。

3 测边在高斯投影面上的长度应按下式计算：

$$D_g = D_0 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (4.4.15-3)$$

式中： D_g ——测边在高斯投影面上的长度(m)；

y_m ——测边两端点横坐标的平均值(m)；

R_m ——测边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径(m)；

Δy ——测边两端点横坐标的增量(m)。

4 常用的几种大地坐标系地球椭球基本参数和曲率半径的计算方法，应符合本标准附录 E 的规定。

4.4.16 一级及以上等级的导线网计算应采用严密平差法，二级导线网可采用简化方法平差，当采用简化方法平差时，成果表中的方位角和边长应采用坐标反算值。

4.4.17 导线网平差时，先验中误差 m_s 及 m_D 应按本标准第 4.4.13 条和第 4.4.14 条中的方法计算，也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值，并用该值计算角度及边长的权。

4.4.18 平差计算时，应对计算略图和计算机输入数据进行校对，应对计算结果进行检查。打印输出的平差成果，应列有起算数据、观测数据以及必要的中间数据。

4.4.19 平差后的精度评定，应包含单位权中误差、点位误差椭圆参数或相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差或点位中误差等。

4.4.20 内业计算中数字取值精度的要求应符合表 4.4.20 的规定。

表 4.4.20 内业计算中数字取值精度的要求

等级	观测方向值及 各项修正数(″)	边长观测值及 各项修正数(m)	边长与坐标 (m)	方位角 (″)
三等、四等	0.1	0.001	0.001	0.1
一级、二级	1			1

4.5 三角形网测量

I 三角形网测量的主要技术要求

4.5.1 各等级三角形网测量的主要技术要求应符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 三角形网测量的主要技术要求

等级	测角中误差 ($''$)	测边相对中误差	最弱边相对中误差	测回数				三角形最大角度闭合差 ($''$)
				0.5 $''$ 级 仪器	1 $''$ 级 仪器	2 $''$ 级 仪器	6 $''$ 级 仪器	
三等	1.8	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$	4	6	9	—	7
四等	2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	2	4	6	—	9
一级	5	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$	1	1	2	4	15
二级	10	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$	1	1	1	2	30

4.5.2 三角形网测量应采用全站仪进行观测,角度宜全部观测,边长可根据需要选择部分观测或全部观测;观测的角度和边长均应作为三角形网中的观测量参与平差计算。

4.5.3 首级控制网定向时,方位角传递宜联测 2 个已知方向。

II 三角形网观测

4.5.4 三角形网的水平角宜采用方向法观测进行观测。

4.5.5 三角形网的水平角观测除应符合本标准第 4.5.1 条的规定外,尚应符合本标准第 4.4.4 条、第 4.4.6 条~第 4.4.8 条的规定。

4.5.6 三角形网的边长测量除应符合本标准第 4.5.1 条外,尚应符合本标准第 4.4.9 条~第 4.4.11 条的规定。

III 三角形网测量数据处理

4.5.7 三角形网的测角中误差应按式计算:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (4.5.7)$$

式中： m_{β} ——测角中误差（″）；

W ——三角形闭合差（″）；

n ——三角形的个数。

4.5.8 三角形网的水平距离计算和测边精度评定应按本标准第4.4.12条和第4.4.14条的规定执行。

4.5.9 当测区需要进行高斯投影时，三等、四等三角形网的方向观测值应进行方向改化计算。方向改化应按下列公式计算：

$$\delta_{1,2} = \frac{\rho}{6R_m^2} (x_1 - x_2)(2y_1 + y_2) \quad (4.5.9-1)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{\rho}{6R_m^2} (x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2) \quad (4.5.9-2)$$

式中： $\delta_{1,2}$ ——测站点1向照准点2观测方向的方向改化值（″）；

$\delta_{2,1}$ ——测站点2向照准点1观测方向的方向改化值（″）；

x_1, y_1, x_2, y_2 ——1、2两点的坐标值（m）；

R_m ——测边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径（m）；

ρ ——206265″。

4.5.10 三角形网测边长度的归化投影计算，应按本标准第4.4.15条的规定执行。

4.5.11 三角形网外业观测结束后，应计算网的各项条件闭合差。各项条件闭合差不应大于相应的限值，各项条件闭合差限值应按下列公式计算：

1 角-极条件自由项的限值：

$$W_j = 2 \frac{m_{\beta}}{\rho} \sqrt{\sum \cot^2 \beta} \quad (4.5.11-1)$$

式中： W_j ——角-极条件自由项的限值；

m_{β} ——相应等级的测角中误差（″）；

β ——求距角；

ρ ——206265″。

2 边（基线）条件自由项的限值：

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum \cot^2 \beta + \left(\frac{m_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{S_2}}{S_2}\right)^2} \quad (4.5.11-2)$$

式中: W_b ——边(基线)条件自由项的限值;

$\frac{m_{S_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{S_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差。

3 方位角条件自由项的限值:

$$W_f = 2 \sqrt{m_{a1}^2 + m_{a2}^2 + mn^2} \quad (4.5.11-3)$$

式中: W_f ——方位角条件自由项的限值(");

m_{a1} 、 m_{a2} ——起始方位角中误差(");

n ——推算路线所经过的测站数。

4 固定角条件自由项的限值:

$$W_g = 2 \sqrt{m_g^2 + m_\beta^2} \quad (4.5.11-4)$$

式中: W_g ——固定角条件自由项的限值(");

m_g ——固定角的角度中误差(")。

5 边-角条件的限值:

$$W_r = 2 \sqrt{2 \left(\frac{m_D}{D} \rho\right)^2 (\cot^2 \alpha + \cot^2 \beta + \cot \alpha \cot \beta) + m_\beta^2} \quad (4.5.11-5)$$

式中: W_r ——边-角条件的限值(");

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差;

α 、 β ——除观测角外的另两个角度;

m_β ——相应等级的测角中误差(")。

6 边-极条件自由项的限值:

$$W_z = 2\rho \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum a_w^2 + \sum a_f^2} \quad (4.5.11-6)$$

$$a_w = \cot \alpha_i + \cot \beta_i \quad (4.5.11-7)$$

$$a_f = \cot \alpha_i \pm \cot \beta_{i-1} \quad (4.5.11-8)$$

式中： W_z ——边-极条件自由项的限值(")；

α_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和；

α_i ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和；四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及四边形中内辐射边外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差；

i ——三角形编号。

4.5.12 三角形网平差时，观测角或观测方向和观测边应视为观测值参与平差，角度和距离的先验中误差应按本标准第 4.5.7 条和第 4.4.14 条计算，也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值计算边长及角度或方向的权。平差计算应按本标准第 4.4.18 条和第 4.4.19 条执行。

4.5.13 内业计算中数字取值精度的要求应符合本标准表 4.4.20 的规定。

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 高程控制测量精度等级可依次分为二等、三等、四等、五等。各等级高程控制测量宜采用水准测量方法,四等及五等可采用全站仪测距三角高程测量方法,五等还可采用 GNSS 高程测量方法。

5.1.2 首级高程控制网不应低于三等水准测量。首级网应布设成闭合环形网,加密网宜布设成附和路线或结点网。

5.1.3 核电厂厂址区应建立不少于 3 个永久性水准点。

5.1.4 首级控制网起算点的引测精度不应低于三等水准测量。

5.1.5 采用地方高程系统或相对独立的高程系统时,宜与 1985 国家高程基准联测。联测精度不应低于其中较低等级的高程控制网精度。我国主要高程系统零点高程互换可按本标准附录 F 执行。

5.1.6 引测和联测之前应进行高差检测。检测高差与原高差之差不应超过测设等级限差的 1.5 倍。

5.2 水准测量

5.2.1 水准测量的主要技术要求应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪 级别	水准尺 类型	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差(mm)	
					与已知点联测	附和或环线	平地	山地
二等	2	—	DS1、 DSZ1	条码式因瓦、 线条式因瓦	往返 各一次	往返 各一次	$\leq 4\sqrt{L}$	—

续表 5.2.1

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪级别	水准尺类型	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	
					与已知点联测	附和或环线	平地	山地
三等	6	≤ 50	DS1、DSZ1	条码式因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往一次	$\leq 12\sqrt{L}$	$\leq 4\sqrt{n}$
			DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面		往返各一次		
四等	10	≤ 20	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$\leq 20\sqrt{L}$	$\leq 6\sqrt{n}$
五等	15	—	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、单面	往返各一次	往一次	$\leq 30\sqrt{L}$	—

注:1 结点间或结点与高级点间水准路线的长度不应大于表中规定的 0.7 倍。

2 L 为水准点间的路线长度 (km), n 为测站数。

3 数字水准测量和同等级的光学水准测量精度要求相同,作业方法在无特指情况下均称水准测量。

4 DS 为水准仪系列分级代码,DSZ1 数字水准仪若与条码式玻璃钢水准尺配套,精度降低为 DSZ3。

5.2.2 水准测量所使用的仪器及水准尺应符合下列规定:

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i , DS1、DSZ1 型不应超过 $15''$, DS3、DSZ3 型不应超过 $20''$ 。

2 补偿式自动安平水准仪的补偿误差 $\Delta\alpha$, 对于二等水准测量不应超过 $0.2''$, 对于三等水准测量不应超过 $0.5''$ 。

3 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差, 对于线条式因瓦水准尺, 不应超过 0.15mm ; 对于条形码水准尺, 不应超过 0.10mm ; 对于玻璃钢双面水准尺, 不应超过 0.5mm 。

5.2.3 水准点的布设与埋石应符合下列规定:

1 应将点位选在土质坚实、稳固可靠的地方或稳定的建筑物

上,且应便于寻找、保存和引测;当采用数字水准仪作业时,水准路线应避开电磁场的干扰。

2 宜采用水准点标石,也可采用墙水准点标志。水准点标志及标石的埋设应符合本标准附录 G 的规定。

3 埋设在测图范围外的水准点完成后,应绘制点之记或做点位说明。

5.2.4 水准观测,应在标石埋设稳定后进行。水准观测宜采用数字水准仪和条码式水准尺作业,也可采用光学水准仪和线条式因瓦尺或黑红面水准尺作业。

5.2.5 采用数字水准仪作业时,主要技术要求应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 数字水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	水准尺类型	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离较差累积(m)	视线离地面最低高度(m)	测站两次观测的高差较差(mm)	数字水准仪重复测量次数	检测间歇点高差较差(mm)
二等	DSZ1	条码式因瓦	≤50	≤1.5	≤3	≥0.55	≤0.7	2	≤1
三等	DSZ1	条码式因瓦	≤100	≤2.0	≤5	≥0.45	≤1.5	2	≤3
四等	DSZ1	条码式因瓦	≤100	≤3.0	≤10	≥0.35	≤3.0	2	≤3
	DSZ1	条码式玻璃钢	≤100	≤3.0	≤10	≥0.35	≤5.0	2	≤5
五等	DSZ3	条码式玻璃钢	≤100	近似相等	—	—	—	—	—

注:1 二等数字水准测量观测顺序,奇数站应为后—前—前—后,偶数站应为前—后—后—前。

2 三等数字水准测量观测顺序应为后—前—前—后;四等数字水准测量观测顺序应为后—后—前—前。

5.2.6 采用光学水准仪作业时,主要技术要求应符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6 光学水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪 级别	视线 长度 (m)	前后视 的距离 较差 (m)	前后视的 距离较 差累积 (m)	视线离 地面最 低高度 (m)	基、辅分划 或黑、红面 读数较差 (mm)	基、辅分划 或黑、红面 所测高差 较差(mm)	检测 间歇点 高差较差 (mm)
二等	DS1、 DSZ1	≤50	≤1	≤3	≥0.5	≤0.5	≤0.7	≤1
三等	DS1、 DSZ1	≤100	≤3	≤6	≥0.3	≤1.0	≤1.5	≤3
	DS3、 DSZ3	≤75				≤2.0	≤3.0	≤3
四等	DS3、 DSZ3	≤100	≤5	≤10	≥0.2	≤3.0	≤5.0	≤5
五等	DS3、 DSZ3	≤100	近似 相等	—	—	—	—	—

注：1 二等光学水准测量观测顺序，往测时，奇数站应为后—前—前—后，偶数站应为前—后—后—前；返测时，奇数站应为前—后—后—前，偶数站应为后—前—前—后。

2 三等光学水准测量观测顺序应为后—前—前—后；四等光学水准测量观测顺序应为后—后—前—前。

3 二等水准测量视线长度小于 20m 时，视线高度不应低于 0.3m。

4 三等、四等水准测量采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

5.2.7 水准测量的观测方法和观测顺序及观测中应遵守的事项可按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的有关规定执行。五等水准测量可采用后—后—前—前的观测顺序。

5.2.8 两次观测高差较差超限时应重测。重测后，对于二等水准测量应选用两次异向观测的合格结果；其他等级应将重测结果与

原测结果分别比较,较差均不超过限值时,应取两次结果的平均值。

5.2.9 工作间隙宜在水准点上结束;当工作间隙不在水准点上结束时,应选择两个坚稳可靠便于放置标尺的固定点作为间歇点,并应做出标记。间隙后应进行检测,当检测结果不超过本标准表 5.2.5、表 5.2.6 规定的限差要求时,可由此起测;当检测间歇点高差较差超限时,应从前一水准点起测。

5.2.10 当水准路线跨越障碍物时应符合下列规定:

1 各等级水准路线应避免通过江河、湖塘、沼泽、宽沟或山谷等区域。需要通过江河、湖塘、沼泽、宽沟或山谷等区域时,水准视线的长度在 200m 以内仍应用一般观测方法单线过河,但在测站上应变换一次仪器高度,并应观测两次。两次高差之差不应超过 7mm,应取两次结果的中数。

2 水准测量的视线长度超过 200m 时,应根据障碍物的宽度和仪器设备等情况,按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的有关规定选用直接读数法、微动觇板法、经纬仪倾角法、测距三角高程法等方法进行观测。

5.2.11 水准观测读数和记录的取位应符合下列规定:

1 DS1 型水准仪使用因瓦水准尺时,读数及记录均应取至 0.1mm。

2 DS3 型水准仪使用玻璃钢水准尺时,读数及记录均应取至 1mm。

3 采用电子记录时,应根据使用的仪器精度等级和水准尺按本条第 1 款、第 2 款读数和取位,并应将电子文档中的原始数据和各项限差打印出来。

5.2.12 水准测量的数据处理应符合下列规定:

1 应计算水准网中各测段往返高差不符值,并应符合本标准表 5.2.1 的规定。每千米高差偶然中误差应按下式计算:

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (5.2.12-1)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差偶然中误差(mm)；

Δ ——测段往返高差不符值(mm)；

L ——测段长度(km)；

n ——测段数。

2 每千米高差偶然中误差的绝对值不应超过表 5.2.1 规定的各等级每千米高差全中误差的 1/2。

3 每千米高差全中误差应按下式计算，并应符合本标准表 5.2.1 的规定：

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (5.2.12-2)$$

式中： M_w ——每千米高差全中误差(mm)；

W ——附和或环线闭合差(mm)；

L ——计算各 W 时，相应的路线长度(km)；

N ——附和或闭合环的总个数。

4 平差计算应使用计算机软件。五等水准测量可进行简单配赋平差。用于平差计算的软件应符合本标准第 3.0.6 条的规定。对输入的原始数据和注记应进行核对，平差后每千米高差全中误差应符合本标准表 5.2.1 的规定。

5 平差按测站数定权时，应将程序输出的每测站中误差乘以每千米平均测站数的平方根，以求得每千米高差全中误差。

6 高程成果的取值，二等水准测量应精确至 0.1mm，三等、四等、五等水准测量应精确至 1mm。

5.3 三角高程测量

5.3.1 三角高程测量宜在平面控制网的基础上布设成高程网或高程导线。

5.3.2 三角高程测量的主要技术要求应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差 全中误差 (mm)	边长 (km)	观测方式	对向观测 高差较差 (mm)	附和或环形 闭合差 (mm)
四等	10	≤ 1	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\sum D}$
五等	15	≤ 1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\sum D}$

注:1 D 为全站仪测边长度(km)。

- 2 四等三角高程测量宜起讫于不低于三等水准测量的高程点上,五等宜起讫于不低于四等水准测量的高程点上。
- 3 线路长度不应超过相应等级水准路线的总长度。
- 4 补点可用两个以上单方向交会求得,其求得的高差较差与对向观测高差较差相同。

5.3.3 三角高程观测的技术要求应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 三角高程观测的技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度 等级	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")	测距仪 精度等级	观测次数
四等	2"级	3	≤ 7	≤ 7	10mm 级	往返 各一次
五等	2"级	2	≤ 10	≤ 10	10mm 级	往一次

5.3.4 三角高程观测应符合下列规定:

- 1 垂直角的对向观测,当直视完成后应迁站进行返视测量。
- 2 仪器、反光镜或觇牌的高度应在观测前后各量测 1 次,并精确至 1mm,取平均值作为最终高度。
- 3 三角高程垂直角观测应选择在气候条件良好、成像稳定的时间进行。
- 4 照准目标应清晰可辨,观测时其视线应离开障碍物 1.5m 以上。

5.3.5 三角高程测量的数据处理应符合下列规定：

- 1** 外业原始记录和起算数据均应进行严格检查。
- 2** 对向观测高差应按下式进行地球曲率和折光差的改正：

$$r = \frac{1-K}{2R} D^2 \quad (5.3.5-1)$$

式中： r ——地球曲率及折光差改正数(m)；

R ——地球平均曲率半径(km)，当纬度 35° 时，取6369km；

D ——测边水平距离(m)；

K ——折光系数，取0.13。

3 应计算对向观测高差较差、附和或环形闭合差，并应符合本标准表5.3.2的规定。

- 4** 应按下式计算每千米高差偶然中误差：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{dd}{D^2} \right]} \quad (5.3.5-2)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差偶然中误差(mm)；

d ——对向观测高差较差(mm)；

D ——测边水平距离(km)；

n —— d 的个数。

- 5** 应按下式计算每千米高差全中误差：

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_h f_h}{S^2} \right]} \quad (5.3.5-3)$$

式中： M_w ——每千米高差全中误差(mm)；

f_h ——附和或环形闭合差(mm)；

S ——每个附和或闭合环长度(km)；

N ——附和或闭合环的个数。

6 三角高程网平差宜使用计算机软件，可按边长成比例配赋平差，对输入的原始数据应进行核对。

7 内业计算应取位至1mm，四等高程成果应取位至1mm，五等应取至1cm。

5.4 GNSS 高程测量

5.4.1 GNSS 高程测量,宜适用于平原或丘陵的五等高程测量。

5.4.2 GNSS 高程测量宜与 GNSS 平面控制测量一起进行。GNSS 布网、观测的技术要求应按本标准第 4.2 节和第 4.3 节的有关规定执行。

5.4.3 GNSS 高程测量联测的主要技术要求应符合下列规定:

1 GNSS 高程网应与测区四等及以上的水准点联测。联测的 GNSS 点宜分布在测区四周和中央。

2 联测点数量不应少于 3 个。

3 地形高差变化较大的地区应适当增加联测的点数。

5.4.4 GNSS 高程测量数据处理应符合下列规定:

1 应充分利用区域似大地水准面精化成果或当地的重力大地水准面模型、资料。

2 应对联测的已知高程点进行可靠性检验,并应剔除不合格点。

3 对于地形平坦的小测区可采用平面拟合模型,对于地形起伏较大的大面积测区宜采用曲面拟合模型。

4 GNSS 点的高程计算不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

5.4.5 对 GNSS 高程测量成果应进行检验。检测点数不应少于全部高程点的 10%,且不应少于 3 个点;高差检验可采用相应等级的水准测量方法或全站仪测距三角高程测量方法进行,其高差较差不应大于 $30\sqrt{D}\text{mm}$,其中 D 为检查路线的长度,单位为 km。

5.4.6 内业计算取位,GNSS 天线高应精确至 1mm,计算值取位应精确至 1mm。

6 陆域地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 地形图测图比例尺可按本标准第 3.0.5 条的规定选取。

6.1.2 地形图基本等高距的选取应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 地形图基本等高距(m)

地形类别	测图比例尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地 $\alpha < 2^\circ$	0.5	0.5	1	2
丘陵地 $2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$	0.5	1	2	5
山地 $6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	1	1	2	5
高山地 $\alpha \geq 25^\circ$	1	2	2	5

注:1 一个测区同一比例尺宜采用相同的基本等高距。

2 根据用图需要,在平坦地区和建筑区可不绘制等高线,只用高程注记点表示。

6.1.3 地形测量的区域类型可划分为一般地区、建筑区和工矿区。

6.1.4 地形测量的基本精度要求应符合下列规定:

1 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差应符合表 6.1.4-1 的规定。

表 6.1.4-1 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差

区域类型	点位中误差(mm)
一般地区	0.8
建筑区	0.6
工矿区	0.6

注:隐蔽或施测困难的一般地区可放宽至 1.5 倍。

2 等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差应符合表 6.1.4-2 的规定。

表 6.1.4-2 等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差

地形类别	高程中误差
平坦地	$\frac{1}{3}h_d$
丘陵地	$\frac{1}{2}h_d$
山地	$\frac{2}{3}h_d$
高山地	$1h_d$

注:1 h_d 为地形图的基本等高距(m)。

2 隐蔽或施测困难的一般地区测图可放宽至 1.5 倍。

3 建筑区和工矿区细部点的点位和高程中误差应符合表 6.1.4-3 的规定。

表 6.1.4-3 建筑区和工矿区细部点的点位和高程中误差

地物类型	点位中误差(mm)	高程中误差(mm)
主要建(构)筑物	50	20
一般建(构)筑物	70	30

4 地形点的最大点位间距应符合表 6.1.4-4 的规定。

表 6.1.4-4 地形点的最大点位间距

比例尺	最大点位间距(m)
1:500	15
1:1000	30
1:2000	50
1:5000	100

注:根据地形变化和用图要求,地形点的最大点位间距可适当加密或放宽。

5 地形图上高程点的注记,当基本等高距为 0.5m 时,应精确至 0.01m;当基本等高距大于 0.5m 时,应精确至 0.1m。

6.1.5 数字高程模型应由规则格网点数据、特征点数据和边界数据组成,格网间距的选取和格网点高程中误差应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 数字高程模型的格网间距及格网点高程中误差

比例尺	格网间距 (m)	格网点高程中误差(m)			
		平坦地	丘陵地	山地	高山地
1 : 500	0.5	0.2	0.4	0.5	0.7
1 : 1000	1.0	0.2	0.5	0.7	1.5
1 : 2000	2.0	0.4	0.5	1.2	1.5
1 : 5000	2.5	0.7	1.5	2.5	4.0

注:大面积森林、沼泽等隐蔽地区数字高程模型的高程中误差可放宽至 1.5 倍,内插点的高程中误差可放宽至 1.2 倍。

6.1.6 数字正射影像图的主要技术要求应符合下列规定:

1 地面分辨率应符合表 6.1.6 的规定。

表 6.1.6 数字正射影像图地面分辨率

比例尺	地面分辨率(m)
1 : 500	0.05
1 : 1000	0.1
1 : 2000	0.2
1 : 5000	0.5

2 地物点的平面位置中误差,对于平坦地和丘陵地不应大于图上 0.6mm;对于山地和高山地不应大于图上 0.8mm。

6.1.7 地形图分幅可采用正方形或矩形,也可根据需要采用其他规格。图幅编号宜采用图幅西南角坐标的千米数表示。带状地形

图或小测区可采用顺序编号。对于已施测过地形图的测区可沿用原有的分幅和编号。

6.1.8 地形图图式应符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 和《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2 的规定。地形图要素分类代码应符合现行国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923 的规定。图式和要素分类代码不足时可自行补充,并应编写补充说明。同一个工程或区域,应采用相同的补充图式和补充要素分类代码。

6.1.9 数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图的成果文件命名应符合现行行业标准《基础地理信息数字成果 数据组织及文件命名规则》CH/T 9012 的规定;数据存储格式应符合现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 的规定。

6.1.10 对搜集的地形图应进行实地检查、修测和补测。

6.2 图根控制测量

6.2.1 图根平面控制测量和图根高程控制测量可同时进行,也可分别施测。图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差不应大于图上 0.1mm,高程中误差不应大于基本等高距的 1/10。

6.2.2 图根控制测量内业计算和成果的取位要求应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 图根控制测量内业计算和成果的取位要求

各项计算修正值 (″或 mm)	方位角 计算值(″)	边长及坐标 计算值(m)	高程计算值 (m)	坐标成果 (m)	高程成果 (m)
1	1	0.001	0.001	0.01	0.01

6.2.3 图根控制测量的成果检查应符合下列规定:

1 检核点应均匀分布于测区的中部及周边。

2 检核方法可采用边长检核、角度检核或导线联测检核等,限差应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 图根控制点检核限差

等级	边长检核		角度检核		导线联测检核	
	测距中误差 (mm)	边长较差的 相对中误差	测角中误差 (")	角度较差 (")	角度闭合差 (")	全长相对 闭合差
图根	20	1/2500	20	60	$60\sqrt{n}$	1/2000

3 外业检核也可采用已知点比较法、复测比较法等,检核点的点位中误差不应大于图上 0.1mm,高程中误差不应大于基本等高距的 1/10。

6.2.4 图根平面控制测量可采用 GNSS RTK 测量、图根导线测量、极坐标测量和边角交会测量等。

6.2.5 GNSS RTK 图根控制测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 GNSS RTK 图根控制测量可采用 GNSS RTK 测量模式,也可采用网络 RTK 测量模式。作业时,有效卫星数不宜少于 6 个,多星座系统有效卫星数不宜少于 7 个,PDOP 值应小于 5,并应采用固定解成果。

2 图根控制点应进行两次独立测量,其坐标较差不应大于图上 0.1mm,符合要求后取其平均值作为最终成果。

3 GNSS RTK 图根控制测量的主要技术要求应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 GNSS RTK 图根控制测量的主要技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	边长相对中 误差	起算点等级	流动站到单基 准站间距离(km)	测回数
图根	≥ 100	$\leq 1/4000$	二级及以上	≤ 5	≥ 2

注:对天通视困难地区的相邻点间距离可缩短至表中的 2/3,边长较差不应大于 20mm。

4 GNSS RTK 图根控制测量的其他技术要求应符合本标准第 4.3 节中关于 GNSS RTK 控制测量的规定。

6.2.6 图根导线测量应符合下列规定:

1 图根导线测量宜采用 6"级仪器一测回测定水平角。主要

技术要求应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 图根导线测量的主要技术要求

导线长度 (m)	相对闭合差	测角中误差(")		方位角闭合差(")	
		首级控制	加密控制	首级控制	加密控制
$\leq \alpha \times M$	$\leq 1/(2000 \times \alpha)$	20	30	$40\sqrt{n}$	$60\sqrt{n}$

注:1 α 为比例系数,取值宜为 1,当采用 1:500、1:1000 比例尺测图时, α 值可在 1~2 之间选用。

2 M 为测图比例尺的分母;但对于工矿区现状图测量,不论测图比例尺大小为多少, M 均应取为 500。

3 隐蔽或施测困难地区导线相对闭合差可放宽,但不应大于 $1/(1000 \times \alpha)$ 。

2 在等级控制点下加密图根控制时,不宜超过 2 次附和。

3 图根导线边长可用全站仪单向施测。

6.2.7 难以布设附和导线时,可布设成支导线;支导线水平角可用 6"级仪器观测左、右角各一测回,其圆周角闭合差不应超过 40";边长应往返测定,其较差的相对误差不应大于 1/3000。图根支导线平均边长及边数不应超过表 6.2.7 的规定。

表 6.2.7 图根支导线平均边长及边数

测图比例尺	平均边长(m)	导线边数
1:500	100	3
1:1000	150	3
1:2000	250	4
1:5000	350	4

6.2.8 图根极坐标测量应符合下列规定:

1 宜采用 6"级仪器,角度、距离各一测回测定。

2 观测限差应符合表 6.2.8-1 的规定。

表 6.2.8-1 图根极坐标测量限差

半测回归零差 (")	两半测回角度较差 (")	测距读数较差 (mm)	正倒镜高程较差 (m)
≤ 20	≤ 30	≤ 20	$\leq h_d/10$

注: h_d 为基本等高距(m)。

3 在等级控制点上独立测量时,可直接测定图根点的坐标和高程,并应取上、下两半测回观测值的平均值作为最终观测成果,点位误差应满足本标准第 6.2.1 条的要求。

4 图根极坐标测量的边长不应大于表 6.2.8-2 的规定。

表 6.2.8-2 图根极坐标测量的边长

比例尺	最大边长(m)
1 : 500	300
1 : 1000	500
1 : 2000	700
1 : 5000	1000

6.2.9 图根补点可采用 GNSS RTK 法,也可采用有校核条件的测边交会、测角交会、边角交会或内外分点法。当采用测边交会和测角交会时,交会角应在 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 之间,观测限差应符合本标准表 6.2.8-1 的规定,分组计算所得的坐标较差不应大于图上 0.2mm。

6.2.10 图根高程控制测量可采用图根水准测量、全站仪测距三角高程测量和 GNSS RTK 测量。起算点的精度不应低于四等水准高程点。

6.2.11 图根水准测量的主要技术要求应符合表 6.2.11 的规定。

表 6.2.11 图根水准测量的主要技术要求

每千米高差 全中误差 (mm)	附和路 线长度 (km)	水准仪 级别	视线 长度 (m)	观测次数		往返较差、附和或 环线闭合差(mm)	
				附和或环线	支水准路线	平地	山地
20	≤ 5	DS10	≤ 100	往一次	往返各一次	$40\sqrt{L}$	$12\sqrt{n}$

注:1 L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度(km); n 为测站数。

2 水准路线布设成支线时,路线长度不应大于 2.5km。

6.2.12 图根全站仪测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 6.2.12 的规定。仪器高和觇标高的量取应精确至 1mm。

表 6.2.12 图根全站仪测距三角高程测量的主要技术要求

每千米高差 全中误差 (mm)	附和路线 长度 (km)	仪器精度 等级	中丝 法测 回数	指标差 较差 (")	垂直角 较差 (")	对向观测 高差较差 (mm)	附和或 环形闭合差 (mm)
20	≤ 5	6"级仪器	2	25	25	$80\sqrt{D}$	$40\sqrt{\sum D}$

注: D 为全站仪测边的长度(km)。

6.2.13 GNSS RTK 图根高程控制测量应独立进行两次,其较差不应大于基本等高距的 1/10,符合要求后取其平均值作为最终成果。

6.3 全站仪测图

6.3.1 全站仪测图所用软件应满足内业数据处理和图形编辑的基本要求,测量数据宜采用通用数据格式存储。

6.3.2 全站仪测图方法可采用编码法、草图法或内外业一体化的实时成图法等。

6.3.3 全站仪测图的仪器安置及测站检核应符合下列规定:

1 仪器对中偏差不应大于 5mm,仪器高和棱镜高应量至 1mm。

2 以较远的图根点作为测站定向点,并以另一图根点的坐标、高程作为测站检核。检核点的平面位置较差不应大于图上 0.2mm,高程较差不应大于基本等高距的 1/5。

3 作业中和作业结束前应检查定向方位。

6.3.4 全站仪测图的测距长度应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 全站仪测图的测距长度

比例尺	最大测距长度(m)	
	地物点	地形点
1:500	160	300
1:1000	300	500

续表 6.3.4

比例尺	最大测距长度(m)	
	地物点	地形点
1:2000	450	700
1:5000	700	1000

6.3.5 全站仪测图外业应符合下列规定：

1 采用草图法时，应按测站绘制草图，并对测点进行编号。测点编号应与仪器的记录点号一致。草图绘制宜简化标示地形要素的位置、属性和相互关系等。

2 采用编码法作业时，可采用通用编码格式，也可使用软件自定义功能和扩展功能建立的用户编码系统。

3 采用内外业一体化的实时成图法作业时，应实时确立测点的属性、连接关系和逻辑关系等。

4 在建筑密集区作业时，可采用支距法、线交会法等几何作图方法，并记录相关数据。

6.3.6 测图可按图幅施测，也可分区施测。按图幅施测时，每幅图应测出图廓线外 5mm；分区施测时，应测出各区界线外图上 5mm。

6.3.7 对全站仪采集的数据应进行检查处理，删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。对检查修改后的数据，应及时与计算机联机通信，生成原始数据文件并做备份。

6.4 GNSS RTK 测图

6.4.1 GNSS RTK 测图应使用双频或多频接收机，仪器标称精度不应低于 $10\text{mm}+5\text{ppm}$ ；作业可采用 GNSS RTK 模式，也可采用网络 RTK 模式。

6.4.2 作业前，宜搜集下列资料：

1 测区控制点成果、GNSS 定位测量资料及 CORS 的覆盖情况。

2 测区平面基准和高程基准的参数,包括参考椭球参数、中央子午线经度、纵横坐标的加常数、投影面正常高、平均高程异常等。

3 GNSS 导航系统的地心坐标框架与测区地方坐标系的转换参数、相应参考椭球的大地高基准与测区的地方高程基准的转换参数。

6.4.3 建立转换关系应符合下列规定:

1 基准转换可采用重合点求定四参数或七参数的方法。

2 坐标转换参数和高程转换参数宜分别确定;坐标转换位置基准应一致,重合点的个数不应少于 4 个,且应分布在测区的周边和中部;高程转换可采用 GNSS 高程测量方法。

3 坐标转换参数可利用测区 GNSS 控制网二维约束平差所得到的参数。

4 当测区较大需要分区求解转换参数时,相邻分区不应少于 2 个重合点。

5 转换参数宜采取多种点组合方式分别计算,再进行优选。

6.4.4 既有转换参数的使用应符合下列规定:

1 既有转换参数的使用,不应超越转换参数计算所覆盖的范围。

2 使用前,应对既有转换参数的精度、可靠性进行分析和实测检查。检查点应分布在测区的中部和边缘。采用 GNSS RTK 图根控制测量方法检测时,其检测结果平面较差不应大于图上 0.1mm,高程较差不应大于等高距的 1/10;超限时,应分析原因并重新建立转换关系。

3 对于地形趋势变化明显的大面积测区,应绘制高程异常等值线图,分析高程异常的变化趋势是否同测区的地形变化相一致。当局部差异较大时,应加强检查,超限时,应进一步精确求定高程拟合方程。

4 网络 RTK 的平面坐标系与项目坐标系不兼容时,应通过

校准建立转换关系。

6.4.5 参考站的点位选择应符合下列规定：

1 应根据测区面积、地形和数据链的通信覆盖范围均匀布设基准站。

2 参考站点位的地势应相对宽阔，周围无高度角超过 15° 的障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

3 参考站的有效作业半径不应超过 5km。

6.4.6 参考站的设置应符合下列规定：

1 参考站的接收机天线应精确对中整平，对中偏差不应大于 2mm，天线高的量取应精确至 1mm。

2 应正确连接天线电缆、电源电缆和通信电缆等；电台天线宜设置在高处。

3 电台频率不应与作业区其他无线电通信频率相冲突。

6.4.7 流动站作业应符合下列规定：

1 流动站接收机天线高的设置宜与测区环境相适应，变换天线高时应对 GNSS 测量记录手簿做相应更改。

2 流动站作业的有效卫星数不宜少于 6 个，多星座系统有效卫星数不宜少于 7 个，PDOP 值应小于 5，并应采用固定解成果。

3 应正确设置项目参数、天线高、天线类型、PDOP、高度角等。

4 每点观测时间不应少于 5 个历元。

5 应在较开阔地点进行流动站初始化。

6 作业前，宜检测 2 个以上不低于图根精度的已知点。检测结果与已知成果的平面和高程较差均不应大于 10cm，高山地区较差可放宽 1.0 倍。

7 作业中出现卫星信号失锁时，应重新初始化，并经重合点测量检查合格后，方能继续作业。

8 结束前，应进行已知点检查。

9 每日观测结束，应及时转存测量数据至计算机并做好数据备份。

6.4.8 不同基准站作业时,应检测一定数量的地物重合点;点位较差不应大于图上 0.6mm,高程较差不应大于基本等高距的 1/3。

6.4.9 对 GNSS RTK 采集的数据应进行检查处理,删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。

6.5 卫星遥感与航空摄影测量

6.5.1 卫星遥感测量技术适用于核电厂 1:5000 地形测量工作,高空数字摄影测量技术适用于 1:1000、1:2000、1:5000 地形测量工作,低空正射和倾斜数字摄影测量技术适用于 1:500、1:1000、1:2000 地形测量工作。

6.5.2 卫星遥感测量技术用于核电厂地形测量时,卫星影像的地面分辨率不应大于 0.5m。

6.5.3 高空及低空正射摄影测量的基高比宜大于 0.3,影像地面分辨率宜符合表 6.5.3 的规定。

表 6.5.3 成图比例尺与影像地面分辨率关系表(m)

成图比例尺	正射作业影像地面分辨率	倾斜作业影像地面分辨率
1:500	≤ 0.05	≤ 0.05
1:1000	≤ 0.1	≤ 0.08
1:2000	≤ 0.2	≤ 0.12
1:5000	≤ 0.4	—

6.5.4 像片控制点相对于邻近控制点的点位和高程中误差应符合表 6.5.4 的规定。

表 6.5.4 像片控制点点位和高程中误差

像片控制点	地形类别	图上距离(mm)
点位中误差	平丘区	< 0.10
	山区	< 0.15
高程中误差	不应大于等高距的 1/10	

6.5.5 卫星影像控制点布设宜根据测区卫星轨道分布图,在测区

沿卫星运行轨道方向和垂直于轨道方向布设 3 排 3 列或者 3 排 4 列平高控制点。

6.5.6 高空摄影测量像片控制点布设宜采用区域网布点法,对于管线等带状测绘区域宜采用单航线法。

6.5.7 低空正射摄影测量像片控制点宜采用区域网布设,且应在航线首末两端各布设 1 排平高控制点,中间根据航线长度等分布设若干排平高控制点,平高控制点跨度根据成图比例尺确定,宜符合表 6.5.7 的规定。

表 6.5.7 平高控制点跨度

成图比例尺	相邻控制点航向基线跨度	相邻控制点旁向航线跨度
1 : 500	3~5	2~3
1 : 1000	6~8	2~3
1 : 2000	8~10	2~4

6.5.8 低空倾斜摄影测量像片控制点采用区域网布点时,宜按测区边界角点的方法布设,中间适量加设平高控制点,区域网内应布设若干检查点,每幅图内不应少于 1 个平高检查点,并均匀分布于测区内,像片控制点间距宜符合表 6.5.8 的规定。

表 6.5.8 像片控制点间距(m)

成图比例尺	像片控制点间距
1 : 500	<500
1 : 1000	500~800
1 : 2000	800~1200

6.5.9 相对定向连接点上下视差限值不应大于表 6.5.9 的规定。

表 6.5.9 相对定向连接点上下视差限值

影像类型	连接点上下视差中误差	连接点上下视差最大残差
卫星影像	1/3 像素	2/3 像素
高空数码影像	1/3 像素	2/3 像素
低空数码影像	2/3 像素	4/3 像素

注:特别困难地区可放宽至 1.5 倍。

6.5.10 绝对定向影像平差计算后,连接点相对于最近野外控制点的平面点位中误差不应大于表 6.5.10-1 的规定,高程中误差不应大于表 6.5.10-2 的规定。

表 6.5.10-1 连接点相对于最近野外控制点的平面点位中误差(m)

区域类型	点位中误差
一般地区	$0.4M \times 10^{-3}$
建筑区	$0.3M \times 10^{-3}$

注:1 M 为测图比例尺分母。

2 沙漠、戈壁、沼泽、森林等特殊困难地区可放宽至 1.5 倍。

表 6.5.10-2 连接点相对于最近野外控制点的高程中误差(m)

地形类别	高程中误差
平坦地	$0.3h_d$
丘陵地	
山地	$0.5h_d$
高山地	

注:1 h_d 为基本等高距(m)。

2 隐蔽地区测图可放宽至 1.5 倍。

6.5.11 采用 IMU/GNSS 辅助航空摄影时应布设检校场,每一摄区基站数量不应少于 2 个,摄区内任意一点与最近基站的距离不应大于 50km,IMU 数据和 GNSS 数据联合解算的平面、高程和速度偏差限值不应大于表 6.5.11-1 的规定,偏心角及线元素偏移值的解算中误差不应大于表 6.5.11-2 的规定。

表 6.5.11-1 IMU 和 GNSS 数据联合解算偏差限值

成图比例尺	平面偏差(m)	高程偏差(m)	速度偏差(m/s)
1:500	0.08	0.3	0.4
1:1000	0.08	0.3	0.4
1:2000	0.1	0.4	0.5
1:5000	0.1	0.4	0.5

表 6.5.11-2 偏心角及线元素偏移值中误差限值

成图比例尺	线元素偏移值 平面中误差(m)	线元素偏移值 高程中误差(m)	偏心角、侧滚角、 俯仰角中误差(°)	偏心角航偏角 中误差(°)
1:500	0.5	0.5	0.03	0.02
1:1000	0.5	0.5	0.03	0.02
1:2000	1.0	0.8	0.03	0.03
1:5000	1.0	0.8	0.03	0.03

6.5.12 数字化测图应符合下列规定：

1 数字化测图应采用空三加密成果生成各像对的立体模型，构建三维可视化的立体作业平台。

2 数字化测图宜采用装有 X、Y 手轮与 Z 脚盘输入装置或三维鼠标的全数字摄影测量系统。

3 数字化测图应按实地位置进行测绘，遇位置相重叠的要素应按优先原则采集，相距很近的要素也应按真实位置测绘，采集时不应偏移。

4 对于有向线或有向点，数据采集时应按其方向与顺序采集。

5 对等高线、河流、湖泊的水涯线等既应保证线划的位置精度又应控制采样点的密度。

6 对铁路、公路、围墙、人工堤等半依比例尺的双线要素数字化测图时，应沿其中心线采集。

7 对房屋、湖泊、水库等面状要素应封闭，必要时加辅助线；对铁路、单线河等线状要素应连续，必要时加辅助线；线状要素相交应避免悬挂现象等。

8 测绘等高线时应用测标切准模型描绘，在等倾斜地段，相邻两计曲线间距离在图上小于 5mm 时，可只测绘计曲线，首曲线可插绘；有植被覆盖的地表，当只能沿植被表面描绘时，应加植被

高度改正;在树林密集隐蔽地区,应依据野外高程点和立体模型进行测绘。

9 注记高程点时,应在立体下测注,高程注记点密度宜为图上每格(100cm^2)不小于 15 个。

6.5.13 地物、地貌测绘及地形图整饰应分别按本标准第 6.7 节、第 6.8 节和第 6.9 节的有关规定执行。

6.5.14 在数字化成图作业的同时,可生成测区范围内的数字线划地形图、数字栅格地图、数字正射影像图以及数字高程模型,成果应符合国家现行标准《工程测量标准》GB 50026 和《电力工程数字摄影测量规程》DL/T 5138 的规定。

6.6 三维激光扫描测量

6.6.1 激光雷达用于核电厂地形图测绘时,点云数据密度应符合表 6.6.1 规定。

表 6.6.1 激光雷达点云数据密度要求

比例尺	点云数据密度(点/ m^2)
1 : 500	≥ 16
1 : 1000	≥ 4
1 : 2000	≥ 1
1 : 5000	≥ 1

6.6.2 激光雷达点云数据高程精度不应大于表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 激光雷达点云数据高程精度要求

比例尺	地形类别	点云数据高程中误差(m)
1 : 500	平地	0.15
	丘陵地	0.25
	山地	0.35
	高山地	0.50

续表 6.6.2

比例尺	地形类别	点云数据高程中误差(m)
1:1000	平地	0.15
	丘陵地	0.35
	山地	0.50
	高山地	1.00
1:2000	平地	0.25
	丘陵地	0.35
	山地	0.85
	高山地	1.00
1:5000	平地	0.35
	丘陵地	0.85
	山地	1.75
	高山地	2.80

注：在植被覆盖密集区域、反射率较低区域（如水域、光滑表面等易形成镜面反射的区域）等特殊困难地区，点云数据高程中误差在本表的基础上可放宽至 1.5 倍，最大允许误差为本表的 2 倍。

6.6.3 机载激光雷达测量时，基站布设宜根据测区范围从等级控制点中选取不少于两个平高控制点作为激光雷达航测时的基站点，测区任意位置与最近基站点的间距不宜超过 30km，相邻两基站点间距离不宜超过 50km。

6.6.4 点云数据应进行滤波和分类处理，点云数据滤波应剔除明显低于地面和明显高于地表目标的点和点群，点云分类应按从整体到局部，从一般到特殊的原则进行。分类应保留重要地形特征信息，建筑物、植被等非地面数据应与地面数据分离。宜采用自动分类和手工分类相结合的方法，宜利用多源数据辅助分类，自动分类的点云数据应经过人工检查。

6.6.5 数字高程模型(DEM)及数字表面模型(DSM)制作应符合

下列规定：

1 数字高程模型及数字表面模型制作前应进行过滤波及分类处理。

2 数字高程模型的构建宜采用规则格网法。

3 对于河流、湖泊等面积较大的无数据水体区域，采集水涯线作为特征线参与高程模型的生成，当点云数据中无法获取水涯线高程时，应实地补测高程信息。

4 对于滤除非地面点后出现的零散、小面积无数据区域，制作数字高程模型时应根据数据实际情况设置较大的构网距离，保证插值结果反映完整地形，不得出现插值漏洞。

5 地形复杂地区宜增加地形特征线、特征点或手工调整的方式修改调整。

6 数字表面模型和数字高程模型格网间距应相同，精度应保持一致。

7 同期生产的 DSM、DEM 接边后，同名格网点的高程值应保持一致，与已有成果接边后，地形未变化处同名格网点的高程值应保持一致。

6.6.6 数字地形图测绘除应符合本标准第 6.5.12 条的规定外，还应符合下列规定：

1 测绘地形图时，地物矢量化宜采用正射影像或立体影像测图采集，地物的高度、等高线和高程点宜利用 DSM 和 DEM 数据采集。

2 作业前应检查数据的坐标系统，如与地形图要求的坐标系统不一致，则应进行坐标转换。

3 地物特征点的高程信息可从 DEM 数据中获取，也可从分类后的地面点云数据中直接提取。

4 绘制房屋时宜利用 DSM 和 DEM 数据计算房高，平房宜取房屋范围内的平均高度，尖顶房宜取房屋范围内的最大高度。

5 等高线应根据成图比例尺、地形类别和等高距，基于地面

点云数据或数字高程模型计算生成。

6.7 地物测绘

6.7.1 定位基础应按现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 和《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2 规定的符号绘制。控制点的高程注记应根据等级区分小数点后的位数;埋石图根点应逐点表示,不埋石图根点可根据用图需要表示。

6.7.2 居民地及设施测绘应符合下列规定:

1 采集各类建(构)筑物及主要附属设施数据时,建筑物轮廓应以滴水为准,应以滴水线在地面上的投影为测点;柱廊应以柱外围为准;檐廊应以外轮廓投影为准;架空通廊应以外轮廓水平投影为准;门廊应以柱或围护物外围为准;独立柱的门廊应以顶盖投影为准;挑廊应以外轮廓投影为准;阳台应以底板投影为准;门墩应以墩外围为准;门顶应以顶盖投影为准;室外楼梯和台阶应以外围水平投影为准;其他倒金字塔形的建筑物应按落地为实、投影为虚的原则测量及表示。对居民区应根据测图比例尺或需要适当加以综合。房屋轮廓凹凸在图上小于 0.4mm 时可综合取舍;房屋面积在图上小于 2mm² 的可综合取舍;两房屋间隔小于图上 0.5mm 时可采用共线表示;临时性的活动房屋、施工时搭建的临时工棚及材料棚等可不表示;施工区域图上面积大于 1cm² 的用相应的线状地物符号表示,并加注“施工”。有名称的居民地、机关、学校等应标注名称。

2 房屋总层数应包括房屋地上层数和房屋地下层数,只有地下一层的也应注出层数。采光窗在室外地坪以上的半地下室,应以其室内层高在 2.2m 以上的计入层数;楼梯间、电梯机房、水箱间以及装饰性塔楼等附属于楼顶的建筑,层高不低于 2.8m 时应计入总层数;复式房屋、跃层建筑应按实际占有的自然层数计算;

独立的车库、配电房、水泵房、垃圾站等单层建筑物应按一层计算。单层房屋应只标注房屋结构,悬空房屋的楼层数应按其实际包含层数标注,建筑中的房屋和破坏房屋不应标注房屋层数,地下室、化粪池可选择表示。

3 测绘垣栅应类别清楚、取舍得当。围墙、栅栏、栏杆等可按其永久性、重要性等取舍。

4 露天采掘场范围应实测表示;工矿建(构)筑物及其他设施的测绘应在图上准确表示其位置、形状和性质特征;工矿建(构)筑物及其他设施按比例尺表示时,应实测其外廓,并应配置符号或按图式规定用依比例尺符号表示;不依比例尺表示时,应按点状或线状地物实测位置,应用不依比例尺符号表示。

5 大型名称标牌和柱式独立大型广告牌应实测表示;设有文体娱乐设施的场所,应实测其范围线。

6 种植大棚应依比例尺用棚房符号表示,并加注植物种类说明;简易、临时、低矮的温室、菜窖、花房可不表示;坟地宜注记坟数,面积较大时应测出地类界,明显独立坟应实测位置。

6.7.3 交通测绘应符合下列规定:

1 在图上应准确反映陆地道路的类别和等级、附属设施的结构和关系,应准确处理道路的相交关系及其他要素的关系,应正确表示水运和海运的航行标志、河流的通航情况及各级道路的通过关系,应实测表示各类道路的收费站,红绿灯、测速和摄像机站可选择表示。

2 铁路轨顶、道路交叉处、公路路中、桥面、坡度变换处等应测注高程。道路坡度平缓处在图上每 50mm~100mm 应测注地面高程。

3 公路及其他双线道路在图上均应按其实际宽度绘出;图上应每隔 15cm~20cm 注出公路技术等级代码及其行政等级代码及编号;公路应注明路面材料,材料变化处应用点线分开;应注明主要道路的通向。

4 铁路与公路或其他道路在同一水平面交叉时,铁路符号不得中断,宜将公路或其他道路符号中断。不在同一水平面交叉的道路交叉点,应绘出相应的桥梁符号。

5 路堤、路堑应按实际宽度绘出其边界,并应适当测注坡度、坡脚高程;当斜坡宽度在图上小于 2mm 时,可按陡坎表示。

6 道路通过居民地不宜中断,应按真实位置绘出。

7 桥梁应实测桥头、桥身和桥墩位置,应加注建筑结构。码头的轮廓线应实测,有专有名称的码头应加注名称,无名称的应注“码头”,码头上的建筑物应实测,并应以相应符号表示。

6.7.4 管线测绘应符合下列规定:

1 永久性的电力线、通信线、变电室、电杆上的变压器等应实测表示,电杆和铁塔位置应实测,线路密集地区可摘要测绘。密集建筑区内电力线、通信线可不连接,但应绘出连线方向。临时性的通信线、广播线、路灯电线、灯箱电线和交通信号灯电线可省略。同一杆(塔)上架有多种线路时,只表示主要的线路,但各种线路走向应连贯,线类应分明;35kV 及以上等级输电线路应注明线路名称、电压等级和杆(塔)编号。

2 地上管线的转角点均应实测。管线直线部分的支架和附属设施密集时,可适当取舍,并应标注管道类别。地下检修井应按实际位置测绘注记。消防设施应实测表示,阀门可选择表示。

6.7.5 植被测绘应符合下列规定:

1 图上应正确反映植被类别特征和分布范围,种植种类较多时可舍去经济价值不大或数量少的植被;大面积分布的植被在能表达清楚的情况下,可采用注记说明。

2 对耕地、园地和林地应实测范围,以地类界表示,并应注记相应的符号;地类界与线状地物重合时,应按线状地物表示;有良好方位意义或著名的单棵树应测绘,著名的应加注名称及编号。

3 行树两端的树木应实测表示,中间配置符号;线状地物两端的行树应鳞错排列。

6.8 地貌测绘

6.8.1 地貌可用等高线、规定符号和高程注记点表示,表示方法应符合下列规定:

- 1 山脊、山顶、鞍部、沟谷等可用等高线和高程注记点表示。
- 2 冲沟应实测沟边,坡度较陡时应用相应符号表示,其底部应适当加测高程点。沟底较宽、坡度较缓时应用等高线表示。
- 3 断崖、雨裂、崩土、自然洼坑、岩溶漏斗、蚀余陡岩、露岩等应用符号表示。
- 4 山洞、独立石、土堆、坑穴等不宜用等高线表示时,可用符号加高程注记点表示。
- 5 田坎应在坎上、坎下实测适量的高程点。梯田密集地区,两坎间距在图上小于 1mm 或坎高小于 1 根等高距时,可适当取舍。两坎间距在图上大于 20mm 的倾斜旱地梯田应勾绘等高线。水田应分块施测,并应注记田中高程。
- 6 土垄、石垄、田埂的宽度在图上大于 1mm 时应实测宽度并绘双线,小于 1mm 时应绘单线。当其宽度小于 1mm 且高度小于 $1/2$ 基本等高距时,可适当取舍。

6.8.2 等高线的测绘应符合下列规定:

- 1 地形点应取在地形特征点上。
- 2 按基本等高距测绘的首曲线应从高程基准面起算,每隔 4 根首曲线应描绘 1 根计曲线。当两计曲线间的空白小于 2mm 时,可只绘计曲线。当首曲线不足以显示地形特征时,可适当加绘间曲线。
- 3 当采用内外业一体化的实时成图法作业时,等高线应在野外对照实地现场勾绘。当采用草图法、编码法作业时,现场草图应勾勒出合水线、分水线等地性线。
- 4 山顶、鞍部、洼陷地、谷地、盆地、斜坡方向不宜判读的地方、凹地的最高和最低一条等高线上,应适当绘出示坡线,示坡线

应与等高线正交。

5 等高线应连续绘制。等高线遇到各类注记、独立性符号及房屋、双线道路、双线河渠、水库、水田、湖、塘、冲沟、陡崖、路堤、路堑等符号时,宜做消隐处理。人工填挖地段可不绘等高线,应以地类界表示,但应适当加测注记高程点。

6.9 地形图整饰及检查

6.9.1 地形图外业测量完成后,应进行内业编图、图幅整饰与内外业检查,发现问题应及时纠正修改。

6.9.2 地形图的整饰应符合下列规定:

1 地形图要素应分层表示。分层的方法和图层的命名宜采用通用格式,也可根据工程需要对图层结构进行修改,但同一图层的实体应具有相同的颜色和相同的属性结构。

2 地形、地物、地貌各要素应主次分明、线条清晰、位置准确、衔接清楚。

3 文字注记应能明确判读所指示的地物。字头应朝北。道路河流名称,可随现状弯曲的方向排列。各字侧边或底边应垂直或平行于现状物体。各字间隔尺寸应在 0.5mm 以上。文字注记应避免遮挡主要地物和地形的特征部分。

4 高程点的注记应位于点的右方,字头应朝北,离点位的间隔应为 0.5mm;计曲线的平缓稀疏处应注记高程数字,数字的排列方向应与曲线平行,其字头宜指向高处,不宜朝向图纸的下方。

5 地理名称、行政名称的标注应使用法定名称,且位置应适当,并应无遗漏和二义性。

6 等高线走向应合理、光滑、无遗漏。

7 图名、图号、坐标高程系统、图廓坐标、格网坐标、测图单位、测图者姓名、测图时间等应配置正确齐全。图廓整饰应按现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000

1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 的有关规定执行。

6.9.3 地形图的分幅除应符合本标准第 6.1.7 条的规定外,还应符合下列规定:

1 分区施测的地形图应进行图幅裁剪,并应对图幅边缘的数据进行检查、编辑。

2 按图幅施测的地形图应进行接图检查和图边数据编辑。图幅的接边误差不应大于本标准表 6.1.4-1 和表 6.1.4-2 规定值的 $2\sqrt{2}$ 倍,小于限值时可平均配赋;超过规定限值时,应进行外业实地检查和修改。

3 图廓及坐标格网应由成图软件自动生成。

6.9.4 野外测量采集数据的地形图应经过内业检查、实地的全面对照及实测检查。实测检查工作量不应少于测图工作量的 10%,精度应符合本标准表 6.1.4-1~表 6.1.4-4 的规定。

6.9.5 野外测量采集数据的地形图检查应按下列规定进行:

1 地形点的密度分布应符合本标准表 6.1.4-4 的规定,各种图例符号应符合现行相应图式的规定,各项注记配置应适当,等高线走向应合理,应无点线矛盾,图廓整饰应正确齐全,不应有遗漏和差错。

2 地形图均应进行外业巡视检查。巡检中应重点查看地物应无遗漏,地形、地貌的概括取舍应合理,各类地面线路的连接方向应与实地一致,等高线勾绘应与实地相符。

3 仪器实测检查的重点应为核岛和常规岛部分的重要建(构)筑物的拟建区或扩建端,以及在内业检查和巡检中发现的错、漏和疑点,并应适量抽查细部点的坐标高程。检查点宜按断面布设,当采用散点布设时,应分布均匀。当一个测站上发现的错、漏、超限点数超过检查点的 20% 时,应扩大检查范围。

4 检查点坐标高程与原图坐标高程的较差应符合正态分布特性,并按式(6.9.5)计算。统计地物点和地形点中误差,其结果应符合本标准表 6.1.4-1 和表 6.1.4-2 的规定。

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (6.9.5)$$

式中： m ——检查点的平面或高程中误差(m)；

Δ ——检查点实测值与图上定位坐标或高程内插值的差值(m)；

n ——检查点的个数。

5 地形图的内外业检查完成后,应将检测数据文件区别于原测数据文件命名保存,并应填写检查记录。

6.9.6 摄影测量采集数据的地形图可按本标准第 6.9.4 条的要求检查,也可根据保密点解算数据检测平面和高程精度。

6.9.7 数字高程模型检查应按下列规定进行：

1 可将起算点坐标、终止点坐标、格网间距在屏幕上显示,应逐一检查 DEM 范围是否符合规定,起始格网的坐标是否正确,格网间距是否符合要求,空间定位参考系采用是否正确。

2 应检查各类控制点坐标值、高程值是否正确,高程精度是否符合要求。

3 每幅图的检测点数不应少于 20 点,应在图中均匀分布,四周可适当多分布。

4 摄影测量采集的 DEM 宜在立体模型上采集检查点;从地形图上采集数据建立的 DEM 宜在原地形图上采集检查点。

5 检查点与模型插值点的高程较差不应大于本标准第 6.1.5 条相应格网点高程中误差的 2 倍。模型的高程中误差应按本标准式(6.9.5)统计计算,并应符合本标准第 6.1.5 条的要求。

6.9.8 数字正射影像图(DOM)应进行数学基础、覆盖范围、影像清晰度、色彩均衡度、镶嵌拼接痕迹及地物点内业量测检查,并应符合下列规定：

1 生产中采用左片、右片同时正射纠正时,应对左、右正射影像进行零立体观测检查,不应出现明显的地形起伏。

2 应检查整幅影像是否清晰,纹理、色调是否均衡一致,且无

明显的像片拼接痕迹。

3 应检查 DOM 影像之间接边差,其限差应符合表 6.9.8 的规定。

表 6.9.8 数字正射影像图接边限差

比例尺	接边限差(m)	
	平地、丘陵地	山地、高山地
1 : 500	0.3	0.4
1 : 1000	0.6	0.8
1 : 2000	1.2	1.6
1 : 5000	2.5	3.75

4 应在 DOM 上对范围内所有平面检测点进行量测,统计其平面位置中误差,形成精度检测报告,检查是否达到规定要求。

7 水域地形测量

7.1 一般规定

7.1.1 水域地形岸边应测至高潮位或高水位线。

7.1.2 海域测量宜通过收资或水文观测资料分析计算的方式,获取深度基准及其与高程基准的转换关系。

7.1.3 定位点的平面精度应按照测图比例尺进行设定,有特殊要求的海上定位测量,应视工程的设计要求确定定位精度,无特殊要求时测深或侧扫定位精度应符合表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3 定位点定位精度要求

测图比例尺	定位点的点位中误差图上限差(mm)	
	测深	侧扫
1:500	2.0	2.0
1:4000~1:2000	1.0	2.0
1:5000	1.0	1.5
1:10000	0.5	1.5

7.1.4 水深测量方法应根据水下地形情况和设备条件合理选择,测深点深度中误差不应超过表 7.1.4 的规定。

表 7.1.4 测深点深度中误差

水深范围(m)	测点深度中误差(m)
0~10	± 0.15
10~20	± 0.20
>20	$H \times 1\%$

注: H 为水深。

7.1.5 等高线或等深线插求点相对于邻近图根点的高程中误差

应符合表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 等高线或等深线插求点相对于邻近图根点的高程中误差

水底地形倾角 α	高程中误差
$\alpha < 2^\circ$	$\frac{1}{3}h_d$
$2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$	$\frac{1}{2}h_d$
$6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	$\frac{2}{3}h_d$
$\alpha \geq 25^\circ$	$1h_d$

注:1 h_d 为地形图的基本等高距(m)

2 水深大于 20m 或精度要求不高时,可放宽至 2.0 倍。

7.1.6 根据水域环境条件及定位设备情况,水下地形测量可选择验潮水深测量或无验潮水深测量方式。

7.1.7 水下地形测量时潮位的获得宜通过实测水位或采用仪器验潮的方式实现。

7.1.8 水下地形的检查测量宜使用不同的测深工具和定位手段进行。

7.1.9 根据工程需要,必要时使用侧扫声呐探测设备开展水下障碍物探测专项测量。

7.2 导航定位

7.2.1 测量作业前应估算测区内导航定位设备的定位精度,可按式(7.2.1)进行估算。

$$M_p = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{p_0} - X_{p_i})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_{p_0} - Y_{p_i})^2}{n-1}} \quad (7.2.1)$$

式中: X_{p_0} 、 Y_{p_0} ——基准站点的已知坐标或单点定位所求坐标最或是值;

X_{p_i} 、 Y_{p_i} ——移动台在基准站点上的差分观测坐标值。

7.2.2 测深线上导航定位点间距不宜超过图上 10mm,水下地形

变化复杂或重点水域,测点密度应适当加密。

7.2.3 采用自动化测量方式进行水下地形图测量,测深仪的定标间隔宜采用距离定标的方式,船速应与 GNSS 设备采样率相匹配。

7.2.4 GNSS 定位方式应根据导航定位精度要求并视设备和测区情况进行合理选择。采用无验潮作业模式,GNSS RTK 方式作业半径不应大于 20km;采用验潮作业模式,GNSS RTD、GNSS RTK 作业半径可放宽至 35km;采用基站差分技术或者后处理差分技术时,可根据自身仪器设备性能及解算软件精度设置,定位精度应符合本标准第 7.1.3 条的规定。

7.2.5 沿岸大比例尺测图,可采用交会法、极坐标法等定位方式,其具体要求应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 测绘方法与技术要求章节的相关规定,其定位精度应符合本标准表 7.1.3 的规定。

7.2.6 导航定位软件的选择应符合以下规定:

1 导航定位软件应具有测线规划、图像导航、数据采集,质量控制以及导航定位信息显示等功能。

2 导航定位软件除应具备 GNSS 及测深仪的数据接入端口外,还应备有姿态仪等其他设备数据的接入功能。

3 导航定位软件应具有常规的 GNSS 以及姿态仪数据格式识别功能,应满足国际通用标准框架下的数据格式选项。

4 导航定位软件应具备交互对话功能,满足实时提示定位及导航数据质量超限状态、按设定条件取舍数据,以及外部条件数据实时录入及更新的要求。

7.2.7 用于导航定位的差分 GNSS 设备主要技术要求应符合以下规定:

1 定位中心应与测深中心保持一致,当二者之间水平距离超过定位精度要求的 $1/2$ 时,应将定位中心归算到测深中心。

2 当采用自设参考站 GNSS RTD 或 GNSS RTK 方式进行

导航定位时,基准站应选择在视野开阔,视场障碍物仰角不大于 15° 的位置,应避开强磁或强电子信号干扰。

3 船台的流动天线应牢固地安置在船侧较高处,与测深仪换能器处于同一垂线上,并与金属物体绝缘。

4 船台流动接收机的测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等,应与参考站相一致,并应采用固定解成果。

5 流动接收机作业的有效卫星数不宜少于4颗,PDOP值应小于6。

6 使用期间每年或仪器大修后应在等级控制点上做一次不少于8h的对比性实验,采样间隔不宜大于3min。

7 每日水深测量作业前、结束后,均应将流动GNSS接收机安置在控制点上,进行定位精度检查;作业中,发现问题应及时进行检验和比对,检验和比对时间应不少于1h,采样间隔不应大于2s,实验情况和结果应做记录。

7.2.8 GNSS导航定位数据获取与质量控制应符合以下规定:

1 GNSS基准点不宜低于四等,并应利用该基准点确定工程所用的坐标系统与现有国家坐标系统之间的转换参数。

2 定位数据与测深数据的获取应保持时间同步,否则应进行延时改正。

3 GNSS的数据更新率应能满足测深系统测深数据的定标频率要求,应不低于1次/秒。

4 无验潮水深测量时,应采用GNSS RTK定位方式,作用距离应不大于20km。

5 采用广域差分导航定位时,GNSS接收机应在测区附近选择不少于3个测量控制点求解坐标转换参数。

6 采用事后差分模式时,用于数据采集的计算机时钟应与UT时间保持严格同步。

7 作业前应进行延至测区远端的稳定性试验,数据链应保持稳定,精度结果应能满足本标准第7.2.1条的要求。

8 当差分改正数的龄期超过 30s 时,应停止作业,直至查明原因信号恢复正常。

9 在数据采集过程中,只有当采用实时差分定位处于固定解状态,且测深数据正常的情况下才能进行存储,否则应重新测量。

10 当进出新测线、发现特殊水深测点或改变航向以及出现其他突发情况时应及时进行定位。

7.3 水深测量

7.3.1 水深测量可采用单波束或多波束回声测深仪、测深锤或测深杆等测深工具。

7.3.2 测深点宜按横断面布设,断面方向宜与岸线或主流方向相垂直。当采用单波束测深仪时,主测深线应垂直于等深线的总方向;当采用多波束测深仪时,主测深线宜平行于等深线的总方向。

7.3.3 单波束测深线间隔原则上应为图上 10mm~20mm,辐射线的间隔最大应为图上 10mm。使用多波束测深系统时应保证测区 100%覆盖,主测线间应有 20%的重叠。检测线间距应根据测区形状均匀布设,检测线总里程应不少于主测线的 5%。

7.3.4 测点间隔宜为图上 10mm,可根据水下地形变化情况、比例尺和用途适当加密或放宽。

7.3.5 单波束测深系统安装调试应符合下列规定:

1 换能器应固定安装在噪声低且不易产生气泡的地方,可安装在船舷外距船首 $1/3 \sim 1/2$ 船艇总长处。

2 换能器入水深度不宜小于 0.3m,在测深前应进行动态吃水改正。

3 换能器的长轴要平行于船艇的轴线;换能器应与 GNSS 天线位于同一铅垂线上,如两者偏心超过定位精度的 $1/3$ 时,应对 GNSS 接收机进行偏心改正。

4 在测深工作前后,应量取换能器吃水深度并精确至 1cm。

5 在测深前应进行声速校准,0~20m 水深宜采用校对法校

准,校准时水深应大于 5m,深度校准限差应小于或等于 $\pm 0.05\text{m}$;水深大于 20m 宜采用水文资料计算,也可进行实测声速剖面进行声速改正。

6 动态吃水改正可通过试验进行确定,选择水底平坦区域作为试验区,将船只静止情况下的测深数据和不同航速下的测深数据进行深度比对,应重复进行多次,取平均值。

7.3.6 多波束测深系统安装调试应符合下列规定:

1 多波束换能器应固定安装在噪声低且不易产生气泡的地方,发射波束面与接收波束面应与船龙骨垂直,中央波束应垂直于水平面。应建立船体坐标系,准确测量多波束换能器、三维运动传感器、电罗经和 GNSS 天线等设备在该坐标系中相对参考原点的位置关系。

2 施测前应在一定水深且变化明显的水域对多波束测深系统进行安装校准测量。测量顺序应按照“定位延时、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差”进行,并应符合下列规定:

- 1) 定位延时测定的准确度应小于 0.1s;可在一斜坡或特征物正上方布设一条测线,同向不同速度通过同一条测线,应仅使用正下方波束数据。
- 2) 横摇偏差测定的准确度应小于 0.05° ;可在平坦海区布设一条测线,宜正常船速往返测量,应使用横向波束数据。
- 3) 纵摇偏差测定的准确度应小于 0.05° ;可在一斜坡或特征物正上方布设一条测线,宜正常船速往返测量,应仅使用正下方波束数据。
- 4) 艏向偏差测定的准确度应小于 0.1° ;可垂直一斜坡或在特征物旁水深处布设两条测线,测线间距应保证边缘波束重叠不少于 10%,宜正常船速同向测量 3 组,应使用特征物 2 倍水深处的数据。

3 海域测量时,测深过程中应根据测区海水的盐度、温度的

分布情况在测区内现场采集适当数量的声速剖面,测量频率不应小于每天一次,声速剖面的精度应达到 1m/s,单个声速剖面控制半径不宜大于 3km。

4 在施测前,应进行船只的稳定性试验和航行试验。稳定性试验应选择平坦水底区对深度进行重复测量,深度比对误差应符合本标准第 7.1.4 条的规定;航行试验应选择有代表性的水底地形起伏变化的区域,测定系统在不同深度、不同航速下的工作状态,要求每个发射脉冲接收到的波束数应大于总波束数的 95%,测定从静止到最大工作航速间不同速度时换能器的动态吃水变化。

5 在多波束测深的每个航次开始前、结束后以及调查期间超过 3 天的测量间隙,应测量多波束换能器的吃水变化。

7.3.7 测深数据采集应符合下列规定:

1 测深时,测量船船速不宜大于 8 节。

2 使用数字测深仪测量时,宜采用数字方式记录水深值,也可同时进行模拟记录。

3 实际测线偏离设计测线间距的 50%时,应进行补测。

4 观察多波束测深系统状态、波束质量和数据记录状态,当波束接收数小于发射数 80%时,应降低船速或调整测线间距。

7.3.8 校对检查测深仪时,深度比对误差应符合本标准第 7.1.4 条的规定,每次测前及测后检查点数应符合表 7.3.8 的规定。

表 7.3.8 检查点数量及要求

水深的差值范围(m)	检查点数量及要求
$\Delta Z \leq 5\text{m}$	2 个点(最浅、最深)
$5\text{m} < \Delta Z \leq 10\text{m}$	3 个点(最浅、中间、最深)
$\Delta Z > 10\text{m}$	4 个点(最浅、最深、中间两个点)

注: ΔZ 为测区最浅、最深水深的差值。

7.3.9 验潮站布设的密度应能控制全测区的潮汐变化。相邻验

潮站之间的距离应满足最大潮高差小于或等于 0.4m,最大潮时差不大于 1h,且潮汐性质应相同。

7.3.10 水尺的设置应能反映全测区水面的瞬时变化,并应符合下列规定:

1 当测区范围小于 3km^2 且水面平静时,可不设置水尺,但应于作业前后测量水面高程。

2 水尺的位置应避开回流、壅水、行船和风浪的影响,尺面应顺流向岸。

3 一般地段应每 $1.5\text{km}\sim 2.0\text{km}$ 设置一把水尺。河床复杂、急流滩险河段及海域潮汐变化复杂地段,应每 $300\text{m}\sim 500\text{m}$ 设置一把水尺。

4 河流两岸水位差大于 0.1m 时,应在两岸设置水尺。

5 当测区距离岸边较远且岸边水位观测数据不足以反映测区水位时,应增设水尺。

7.3.11 水位观测的技术要求应符合下列规定:

1 水尺零点高程的联测精度不应低于图根水准测量的精度。

2 作业期间,应定期对水尺零点高程进行检查。

3 水深测量时的水位观测宜提前 10min 开始、推迟 10min 结束;作业中,应按一定的时间间隔持续观测水尺,时间间隔应根据水情、潮汐变化和测图精度要求合理调整,宜为 $10\text{min}\sim 30\text{min}$;水面波动较大时,宜读取峰、谷的平均值,读数应精确至 1cm 。

4 当水位的日变化小于 0.2m 时,可于每日作业前后各观测一次水位,应取其平均值作为水面高程。

7.3.12 水位改正应符合下列规定:

1 水位观测的计算应取至 0.01m 。

2 当相邻验潮站的控制范围重叠时,两验潮站间的瞬时水深应以其实测水位资料分别改正。

3 当相邻验潮站的控制范围不重叠时,两验潮站间的瞬时水深应采用直线分带法或时差法进行水位改正,采用上述方法时两

站间的潮时和潮高的变化应与其距离成比例,分带界线宜与潮波方向垂直。

4 对离岸较远,又无法设立海上定点验潮站的海域,宜采用预报水位内插处理方法解决。改正后的深度值应取位至 0.1m。

7.3.13 水深测量宜采用数字测深仪进行作业,并应符合下列规定:

1 工作电压与额定电压之差,直流电源不应超过 10%,交流电源不应超过 5%。

2 实际转速与规定转速之差应为 $\pm 1\%$,超出时应加以修正。

3 电压与转速调整后,应在深、浅水处做停泊与航行检查,当有误差时,应绘制误差曲线图予以修正。

4 每次测量前、后均应在测区平静水域进行测深比对,并应求取测深仪的总改正数。比对可选用其他测深工具进行。对既有模拟记录又有数字记录的测深仪进行检查时,应使数字记录与模拟记录一致,数字记录与模拟记录不一致时应以模拟记录为准。

5 测深过程应实测水温及水中含盐度,并应进行深度改正。

6 测量过程中船体前后左右摇摆幅度不宜过大。当风浪引起测深仪记录纸上的回声线波形起伏值,在内陆水域大于 0.3m 或海域大于 0.5m 时,宜暂停测深作业。

7.3.14 测深点的水面高程应根据水位观测值进行时间内插和位置内插,当两岸水位差较大时,应进行横比降改正。

7.3.15 采用 GNSS RTK 定位时,宜采用无验潮水深测量方式,但天线高应量至换能器底部并精确至 1cm,其他技术要求应符合本标准第 7.2.8 条的规定。

7.3.16 测深过程中或测深结束后,应对测深断面进行检查。检查断面与测深断面宜垂直相交,检查点数不应少于 5%。检查断面与测深横断面相交处,图上 1mm 范围内水深点的深度检查较差不应超过表 7.3.16 的规定。

表 7.3.16 深度检查较差

水深 $H(\text{m})$	深度检查较差 $\Delta(\text{m})$
$H \leq 20$	$\Delta \leq 0.4$
$H > 20$	$\Delta \leq 0.02H$

7.3.17 遇到下列情形时,应进行补测或重测:

- 1 定位或测深中误差达不到要求。
- 2 当用单波束测深时,测深线偏离超过设计测线间距的 50%。
- 3 当用多波束测深系统全覆盖测深时,因偏航、船只规避等原因导致测线间有未覆盖区域。
- 4 水位、声速资料不能满足深度改正要求。

7.4 侧扫声呐探测

7.4.1 侧扫声呐探测应符合下列规定:

- 1 侧扫探测前,应在全面了解工程需要后再进行测线设计。应调查搜集工程水域的水深、水底地形及特征、水底障碍物情况、水流的流速和流向情况。
- 2 侧扫的测线应设计成直线,测线方向应平行于工程水域的水流方向。
- 3 应根据测线间距选择合理的声呐扫描量程,在工程海区内应 100%覆盖,相邻测线应有 20%~30%的重叠覆盖。
- 4 侧扫声呐工作频率不应低于 100kHz,水平波束角不应大于 1° ,脉冲长度不应大于 0.2ms,作用距离不应小于 200m,应能分辨海底 1m^3 大小的物体;应具有水体移去、航速校正、倾斜距校正等功能;宜同时有模拟与数字记录。

7.4.2 侧扫声呐探测实施应符合下列规定:

- 1 探测开始前,应在测区或附近选择有代表性的水域进行仪器设备调试,确定仪器的最佳工作参数。
- 2 声呐拖鱼入水后,勘察船只不得停船或倒车,应保持不大于 5 节稳定的航速和航向,不应使用大舵角修正航向;换测线转向

应使用小舵角大回旋圈方法。

3 声呐拖鱼距水底的高度应为扫描量程的 10%~20%，当测区水深较浅或水底起伏较大，拖鱼距水底的高度可适当增大。

4 侧扫时不应随意变动技术设计确定的数据；仅当水深变化时，换能器拖体离海底高度大于设计值时，应及时调整拖缆长度；小于设计值而影响远端扫海距离时，应及时微调机头有关旋钮进行补偿。

5 声呐记录仪记录为经水体移去、航速校正与倾斜距校正的图谱时，应用电子介质记录储存未经校正的原始资料。

6 现场进行声呐图谱记录的初步判读，应根据需要在可疑目标周围增设不同方向的补充测线以做进一步探测。

7 测线段漏测、航迹偏离设计测线大于测线间距的 20%、记录图谱质量不合格导致无法进行正确判读时，应进行补充探测。

7.4.3 侧扫声呐探测的资料解释应与相关专业技术人员配合，宜结合水底取样、钻孔取芯、多波束扫测成果、磁法探测成果和浅地层剖面探测成果进行水底面状况判读，并应符合下列规定：

1 应辨别并剔除声呐图谱记录上的水中散体条纹、温度跃层、尾流块状、水中气泡等水体图像。

2 应识别水底沉积物类型，并应确定各类沉积物与水底裸露基岩分布范围。

3 应分析沙带、沙川、断岩、沟槽及各种混合形成的水底微地貌图像。

4 应对沉船、礁石、电缆、水下障碍物及水下建(构)筑物等目标图像进行识别和定位。应对识别出的水底面特征和目标图像进行航速、倾斜距和拖鱼位置校正，并应确定水底面特征和目标图像的真实位置、分布范围、大小形状，标绘于航迹图上。具有竖向起伏的水底面特征应根据声呐图谱记录上的声学阴影长度确定其近似高度和深度。判读出的水底明显起伏的不规则特征应补充进水深图中。

7.4.4 海底面状况图绘制应通过人机交互方式在图上用线条圈出岩礁、沙波、石蛎养殖、沉船等物体轮廓,生成 CAD 格式的海底面状况基本位置图,宜在基本位置图中叠加由磁法探测完成的海底管线及磁性障碍物分布图,再结合水深测量、底质采样等资料和岸线,以及周围陆域与主要地物标志等生成声呐扫测海底面状况图。

7.5 水域地形图绘制

7.5.1 河流、溪流、湖泊、水库、池塘的水涯线宜按测图时的水位测绘,当水涯线与陡坎线在图上的投影距离小于 1mm 时应以陡坎表示,平坦地区水系的水涯线不应表示,其边界线应用陡坎或斜坡表示。海岸线应以海面平均大潮高潮时的水陆分界线为准;干出线应以海面最低低潮时的水陆分界线为准。

7.5.2 地物测绘应符合下列规定:

1 水利要素和附属设施应按实际形状测绘,有名称的应加注名称。

2 助航设施、架空电缆、管道、索道、桥梁、码头和堤坝等应实测表示。水底电缆、管道和隧道应根据有关资料或实测数据在图上标明其埋设位置和深度。

3 露出水面的礁石应测出其最高点的位置及高程,并将其名称和范围标注在图上。

4 暗礁和水下障碍物,应注记最浅深度、底质或性质。

7.5.3 高程点、水深点注记应符合下列规定:

1 水深注记应以“m”为单位,小数应用拖尾小号数字表示,水深的实测点位应在整数中心。

2 以岸线为界,岸线以下水深点应用右斜等线体注记,理论深度基准零米线至岸线的水深点应在整数位下加负号;岸线以上高程应按陆地高程点注记。注记间距宜为图上 1cm~2cm。

3 当水深小于 50m 时,深度值应注记至 0.1m;当水深大于

或等于 50m 时,深度值应四舍五入后注记至整米。

4 时令河应测注河床高程,池塘应测注塘顶及塘底高程。

7.5.4 水下地形的表示应以绘制等高线为主。根据需要,海域地形可绘制等高线或等深线。等高线绘制应符合本标准第 6.8.2 条的规定,等深线绘制应符合下列规定:

1 基本等深距应为 1m。当海底平坦,基本等深线不能明确反映海底地貌时,可加绘辅助等深线;当海底坡度很大时,可适当增大等深距。

2 等深线应绘制成圆滑的曲线。

3 零米线应以 0.2mm 的实线表示;基本等深线应以 0.1mm 的实线表示,辅助等深线应以 0.1mm 的虚线表示。逢 5 逢 10 等深线应绘制 0.25mm 的加粗等深线。

7.5.5 在不影响真实反映水底地貌的前提下,为使图面清晰易读,应合理地取舍水深点。但不应舍去具有下列情况的点:

1 能确切地显示礁石、特殊深度、浅滩、岸边石陂等障碍物的位置、形状及其延伸范围以及深度(高度)的点。

2 能确切显示测区的地貌特征点。

3 特殊深度和反映其变化程度的特征点。

4 能正确地勾绘零米线、等深线及显示干出滩坡度的特征点。

7.5.6 干出滩图上宽度大于 2mm,长度大于 10mm 的应表示,干出滩测绘应符合下列规定:

1 干出滩的范围、干出滩上的地物、地貌和干出高度(从深度基准面算起),可采用地形测量或水深测量方法测定。

2 干出滩按其性质可分为岩石滩、珊瑚滩、泥滩、沙滩、砾滩、泥沙混合滩、沙泥混合滩、沙砾混合滩以及芦苇滩、丛草滩、红树滩等。对各种干出滩的性质,应说明注记。当干出滩上为两种及以上性质时,应分别测绘。

3 干出滩内的明礁应采用地形测量方法实施,干出滩内的干出礁可采用地形测量方法或水深测量登礁方法测定,均应测定其

位置、高程或干出高度。

4 群礁应测定其外围和显著礁石的位置、高程,在此范围内的礁石可适当取舍。

5 干出滩上的干沟应测绘。干出滩上小水道、小河流的入海水道两侧应测定干出高度。干出滩上的小水道、小河流的出海口除了已进行过水深测量的,也应进行测量。

6 当干出滩的面积较大时,宜以图上每隔 2cm~5cm 布设一条断面线进行施测。断面线应垂直海岸线布设,可根据工程需求适当扩大或缩小断面线间隔。

8 施工测量

8.1 一般规定

- 8.1.1 核电厂施工控制网的等级划分,可依次为初级网、次级网、微网。
- 8.1.2 施工测量的平面坐标宜采用独立的施工坐标系,并应与选址、设计阶段采用的坐标系统有确定的换算关系。施工高程系统宜与选址、设计阶段的高程系统一致。
- 8.1.3 作业前,应搜集有关的测量资料,熟悉施工设计图纸,明确施工要求,制订施工测量方案,并应对工程设计文件提供的测量资料进行复核。
- 8.1.4 各级施工控制网的测设应根据网点的目标精度要求,并结合所采用的测量仪器设备,合理选取各观测项中误差先验值,应按最小二乘法进行精度估算,并应优化观测方案。
- 8.1.5 次级网、微网的观测数据不应进行高斯投影改化,宜将观测边长归算到核岛、常规岛等主厂房区域的场平标高面上。
- 8.1.6 厂房内部的微网观测、安装的定位和检查、局部控制网加密等专项精密测量工作,宜在同等气象条件下进行。当环境因素变化显著时,应对温度、气压的影响进行改正。
- 8.1.7 各级施工控制网均可同级加密、扩展。其主要技术要求、施测方法应与同级控制网相同,观测数据宜与同级网点统一平差。
- 8.1.8 主厂区以外其他独立子项工程的施工测量,在满足精度要求的前提下,可充分利用选址、设计阶段测设的首级平面、高程控制网成果,但应进行复测检查。

8.2 初级网测量

I 初级网平面控制测量

8.2.1 初级网平面控制测量应采用测区平面首级起算点和地形图等资料,并结合现场踏勘情况进行综合分析,宜布设成 GNSS 控制网或三角形网等形式。

8.2.2 初级网平面控制测量最弱点的平面坐标中误差不应大于 2cm。

8.2.3 初级网点位应选在通视良好、土质坚实、便于施测、利于长期保存的地点;若采用 GNSS 控制网,还应符合本标准第 4.2.4 条和第 4.2.5 条的规定。初级网点的埋石应符合本标准附录 B 的规定。

8.2.4 初级网平面控制测量的技术要求应符合下列规定:

1 当采用 GNSS 控制网时,其主要技术要求应符合表 8.2.4-1 的规定。

表 8.2.4-1 初级网 GNSS 测量的主要技术要求

等级	固定误差 (mm)	比例误差系数 (mm/km)	约束点间的边长 相对中误差	约束平差后最弱边 相对中误差
初级网	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$

2 当采用三角形网时,其主要技术要求应符合表 8.2.4-2 的规定。

表 8.2.4-2 初级网三角形网测量的主要技术要求

等级	测角中 误差(")	测边相对 中误差	最弱边相对 中误差	水平角观测测回数		三角形最大角度 闭合差(")
				1"级	2"级	
初级网	≤ 2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	4	6	≤ 9

8.2.5 初级网平面控制测量采用 GNSS 控制网、三角形网时,其观测、数据处理等其他技术要求应分别按本标准第 4.3 节和

第 4.5 节的有关规定执行。

II 初级网高程控制测量

8.2.6 初级网高程控制测量应根据测区首级高程控制点、地形图等资料,以及现场踏勘情况,并按水准网要求布设成闭合环线、附和路线或结点网。

8.2.7 初级网高程控制测量最弱点的高程中误差不应超过 1cm。

8.2.8 初级网高程控制测量的等级应根据最弱点高程中误差的精度要求以及水准路线的长度合理选择,但不应低于四等水准测量。

8.2.9 初级网高程控制测量水准点宜单独布置在场地相对稳定的区域;水准点间距宜小于 1km,距离建(构)筑物不宜小于 25m,距离回填土边缘不宜小于 15m;水准点的布设与埋石应符合本标准第 5.2.3 条的规定。

8.2.10 初级网高程控制测量中水准测量的其他技术要求应按本标准第 5.2 节的有关规定执行。

8.3 次级网测量

I 次级网平面控制测量

8.3.1 次级网平面控制测量宜布设成三角形网,网形设计应充分顾及精度、可靠性和灵敏度等指标。

8.3.2 次级网平面控制测量的主要技术要求应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 次级网平面控制测量的主要技术要求

等级	平面坐标 中误差 (mm)	相邻点相对 坐标中误差 (mm)	测角 中误差 (")	测边相对 中误差	水平角观测测回数		三角形最大 角度闭合差 (")
					0.5"级	1"级	
次级网	≤2.0	≤2.0	≤1.8	≤1/150000	4	6	≤7.0

注:次级网点的平面坐标中误差基于平面起算的基准点,基准点应为初级网中的平面控制点。

8.3.3 次级网点位应根据核电厂总平面布置图和施工总布置图,结合施工场区内、外的地形条件布设,并应满足厂区内主要建筑施工测设和变形监测的需要。

8.3.4 次级网点宜分为基准点和工作基点,可兼作施工测设的控制点,并应符合下列规定:

1 基准点作为次级网复测检查的基准,其数量不应少于 3 个,点位应选在主要厂区周边、变形影响区域之外、稳固可靠的位置。

2 工作基点数量宜为 6 个~8 个,宜选在核岛和常规岛等主要厂房周围、相对稳定且方便使用的位置。

3 基准点和工作基点的布设应整体设计,并宜进行一次布网。

8.3.5 次级网标石应采用有强制对中装置的钢筋混凝土观测墩,其基础宜建立在基岩上。观测墩形式应符合本标准附录 H 的有关规定。新建的观测墩应达到稳定后再开始观测。

8.3.6 次级网平面控制测量中三角形网观测应符合下列规定:

1 水平角观测宜采用全站仪全圆方向观测法。每半测回每方向宜 2 次照准读数,各方向值应取多测回的平均值。其技术要求应符合表 8.3.6-1 的规定。

表 8.3.6-1 水平角全圆方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	两次照准目标读数差(")	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回较差(")
次级网	0.5"级	1.5	4	8	4
	1"级	4	6	9	6

注:当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^{\circ}$ 的范围时,该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较,其值应符合表中一测回内 2C 互差的限值。

2 边长观测采用全站仪测距时,应符合表 8.3.6-2 的规定。

表 8.3.6-2 全站仪测距的技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回读数较差 (mm)	单程测回间较差 (mm)	气象数据测定最小读数		往返或时段间较差 (mm)
		往	返			温度 (°C)	气压 (Pa)	
次级网	2mm 级	3	3	1.5	2	0.2	50	$2(a+b \cdot D \times 10^{-6})$
	5mm 级							

注:1 测回指照准目标一次,读数 2 次~4 次的过程,时段指测边的时间段。

2 测量斜距,应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后再进行水平距离计算。

3 计算测距往返较差的限差时, a 、 b 分别为所使用全站仪测距标称精度的固定误差和比例误差系数, D 为测距长度(km)。

3 垂直角观测宜每半测回 2 次照准读数,并应取多测回的平均值。其主要技术要求应符合表 8.3.6-3 的规定。

表 8.3.6-3 垂直角观测的技术要求

等级	仪器精度等级	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")
次级网	0.5" 级	2	4	4
	1" 级	4	6	6

8.3.7 次级网平面控制测量在第一次测定坐标时,宜合理选用初级网中通过检测的一个点的坐标及一条边的方位角作为平面起算数据。

8.3.8 次级网三角形网的观测、数据处理等其他技术要求应按本标准第 4.5 节的有关规定执行。

II 次级网高程控制测量

8.3.9 次级网高程控制测量应采用精密水准测量方法,其网形宜

布设成闭合环线、结点网或附合水准路线等形式。

8.3.10 次级网高程控制测量的主要技术要求应符合表 8.3.10 的规定。

表 8.3.10 次级网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差 全中误差 (mm)	水准点 高程中 误差 (mm)	相邻点 高差中 误差 (mm)	每站高差 中误差 (mm)	与已知点 联测、附合 或环线 观测次数	往返较差、 附合或 环线闭合差 (mm)	检测已测 高差较差 (mm)
次级网	2	1.0	0.5	0.18	往返各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

注： n 为测站数。

8.3.11 高程基准点数量不应少于 3 个。当受地形或其他条件限制、不与平面基准点共墩设置时，也可在主施工场区外围相对稳定的区域单独埋设，并应符合下列规定：

1 高程基准点应选设在施工变形区以外、基础稳定、易于找寻和长期保存的地方。点位附近应交通便利，但应避开交通干道主路。

2 布设在建筑区内，其点位与邻近建筑物的距离应大于建筑物基础最大宽度的 2 倍，其标石埋深应大于邻近建筑物基础的深度。

3 可根据点位所处的不同地质条件选埋在裸露基岩上，或在原状土层内采用深埋式标志。高程基准点标石形式应按本标准附录 G 的规定执行。

8.3.12 高程工作基点数量宜为 6 个～8 个，宜在平面工作基点观测墩下部某一个侧设置一个水准点标志表示。观测墩水准标志的设置应符合本标准附录 H 的有关规定。

8.3.13 次级网水准观测的主要技术要求应符合表 8.3.13 的规定。

表 8.3.13 次级网水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度等级	水准尺类型	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)		前后视的距离较差累积(m)		视线离地面最低高度(m)		基、辅分划读数较差(mm)	基、辅分划所测高差较差(mm)
				光学	数字	光学	数字	光学	数字		
次级网	0.5mm级	因瓦	25	0.5	1.0	1.5	3.0	0.5	≤ 2.80 且 ≥ 0.65	0.3	0.4

注:1 视距长度小于 5m、观测至 1m 以上高的混凝土标墩墩面等特殊情况下,视线高可适当放宽。

2 水准仪按 1km 高差中误差计分为四级:0.5mm 级、1mm 级、3mm 级和 10mm 级。

3 数字水准仪观测不受基、辅分划读数较差指标的限制,但测站两次观测的高差较差应符合表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限值。

8.3.14 次级网高程基准点在检测稳定时,宜固定选用一个高程基准点作为施工高程起算依据,其他两个高程基准点用作参考和检查。

8.3.15 次级网水准观测使用的水准仪和水准标尺应符合本标准第 5.2.2 条的规定。

8.3.16 次级网水准测量的其他技术要求应按本标准第 5.2.4 条~第 5.2.11 条的有关规定执行。

III 次级网复测

8.3.17 施工建设期间,次级网应定期复测。建网初期宜每 3 个月复测一次,点位稳定后宜每半年复测一次。

8.3.18 当受到爆破、地震等外界影响时,应及时复测,并应对次级网点位的稳定性、可靠性进行评估。

8.3.19 次级网每期复测的结果应与当前使用的成果进行较差分析,当较差不超过较差中误差的 2 倍时,宜采用原测量成果。

8.4 微网测量

I 微网平面控制测量

8.4.1 微网平面控制测量宜联测全部边角,并应观测所有通视的边长和方向。可采用自由测站法加设临时点,宜使观测网形构成三角形、大地四边形、多边形、折线形或中点多边形等基本图形。

8.4.2 微网平面控制测量的主要技术要求应符合表 8.4.2 的规定。

表 8.4.2 微网平面控制测量的主要技术要求

等级	平面坐标 中误差 (mm)	相邻点相对 坐标中误差 (mm)	仪器、棱镜 及觇牌对中 误差(mm)	测角 中误差 (")	水平角观测 测回数		三角形 最大角度 闭合差 (")	最弱边相 对中误差
					0.5"级	1"级		
微网	2.0	2.0	≤0.3	5	4	6	15	≤1/10000

注:1 厂房内部微网,其相邻点间距离一般在 5m~30m 之间,平均边长宜为 20m。

2 影响短边测角中误差的主要因素指仪器与觇标的对中误差,当所用仪器与觇标的实际对中误差与表中所列数值相差较大时,应重新进行验算。

8.4.3 微网平面控制测量前应做好方案设计,宜根据目标精度要求结合测量仪器设备,合理选择各观测项中误差先验值,按照最小二乘法进行精度估算和方案优化。

8.4.4 应根据各厂房的施工进度,分区分层进行微网平面控制测量。对建立在核岛工程混凝土结构上的微网平面控制点,宜在混凝土结构达到养护龄期后适宜的时段内进行测量。

8.4.5 厂房内部的微型平面控制网,应以能控制整个厂房范围且分布均匀为原则,可由埋设在各厂房内基础底板或平台上的多个基本平面点和加密网点组成。每层的微网平面控制点间水平通视方向不应少于 2 个,并应确保在结构施工后仍能保证通视。

8.4.6 底板微网基本平面点宜与邻近的次级网点进行坐标联测。底板以上各楼层加密网点的平面控制,应由底板基本平面点进行

传递和引测。对于通视条件差、向上投测和传递难度大的厂房,宜采用逐层布网的方式,采用一点一方向的方式建立独立的导线网。

8.4.7 底板微网基本平面点、加密网点及测量通视孔位置的选定应符合下列规定:

1 应根据各厂房内部结构和形状、各楼层设备的分布情况以及施工方法进行布设。对于已有设计数据的微网平面控制点,应按照设计坐标进行布设,特殊情况下可依据现场情况进行适宜性调整。

2 底板微网基本平面点宜布设在反应堆中心、轴线及蒸汽发生器中心等地面通视良好处,加密网点宜布设在各主泵中心、热(冷)段管道、过渡段管道及稳压器房间地面处。

3 底板微网平面控制点正上方楼板上宜预留专用垂直通视孔,同层微网点间连线上、浇筑墙体的合适高度处宜预埋适量的水平圆管。

4 底板微网基本平面点、加密网点、垂直通视孔以及水平通视孔位置的选择应保证投测至厂房最高层时至少还有 3 个互相通视的平面控制点。

8.4.8 微网平面控制点宜为预埋于楼板混凝土基础面上的一块不锈钢板,表面刻划十字线,十字线宽度不应大于 1mm,交点处冲一小孔代表点位中心,孔心直径不宜超过 1.5mm。微网平面控制点标志埋设时宜与混凝土表面相平或高于混凝土面 3mm~5mm。微网平面控制点的埋设规格及要求宜符合本标准附录 H 的有关规定。

8.4.9 微网平面控制测量作业的基本技术要求应符合下列规定:

1 选用反应堆中心点及预留周边结构物上的方向基准线作为平面起算,观测完毕后宜对方向线再次进行校核。

2 底板微网基本平面点、加密网点应联合测量。

3 水平角观测、边长全站仪测距、垂直角观测的基本技术要求,宜分别按本标准第 8.3.6 条第 1 款~第 3 款的有关规定执行。

8.4.10 微网平面控制测量宜采用多联脚架法施测,并应符合下列规定:

- 1 照准目标,应使用精密觇牌、精密棱镜和精密支架;仪器对中,应使用精密基座和天底仪或光学垂准仪。
- 2 仪器安置应精确置平,转动照准部时宜匀速平稳。
- 3 测站观测过程中,宜避免二次调焦。当相邻方向的边长相差悬殊、方向目标成像模糊需调焦时,宜采用正、倒镜观测法。
- 4 应选择良好的观测时段,每测回观测时段宜缩短。

8.4.11 微网平面控制测量,采用边角网或导线网时的观测、数据处理等的其他技术要求,按本标准第 4.4 节、第 4.5 节的有关规定执行。

II 微网高程控制测量

8.4.12 微网高程控制测量应采用精密水准测量方法,宜布设成闭合或附合水准路线。

8.4.13 微网高程控制测量的主要技术要求应符合表 8.4.13 的规定。

表 8.4.13 微网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米 高差全中 误差 (mm)	水准点 高程中 误差 (mm)	相邻点 高差中 误差 (mm)	每站高差 中误差 (mm)	与已知点 联测、闭合 环线观测 次数	往返较差、 环线闭合差 (mm)	检测已测 高差较差 (mm)
微网	2	1.0	0.5	0.13	往返 各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

8.4.14 微型高程控制网应由埋设在各厂房内基础底板或平台上的 2 个~3 个水准基点组成。底板以上各楼层的高程控制测量应以底板微网水准点为基准,也可在各独立厂房内部另外引测 1 个高程控制点。

8.4.15 微网水准点应为预埋在厂房内或结构中心附近基础上的水准标志。微网水准点的埋设规格及要求宜符合本标准附录 H

的有关规定。

8.4.16 底板水准基点宜固定选用其中的一个作为独立厂房内部的施工高程起算依据,而将其他的水准基点作参考和检查之用。

8.4.17 微网水准观测的主要技术要求应符合本标准第 8.3.13 条的规定。

8.4.18 水准测量的其他技术要求,应符合本标准第 8.3.15 条和第 8.3.16 条的规定。

III 微网复测

8.4.19 微网应定期复测。布网初期宜 1 月~3 月复测一次,点位稳定后宜每半年复测一次。

8.4.20 复测时,不宜与次级网联系,应做微网内部相对位置的检查和调整。

8.4.21 每期复测的结果,应与前期成果进行较差分析,同时应对点位的变化趋势做出判断。

8.5 微网传递测量

8.5.1 厂房内部底板微网平面基准的竖向投测、水准标高的垂直传递宜选择在没有施工干扰、阴天、风力较小的条件下进行。

8.5.2 底板微网平面基准的竖向投测宜采用天底准直法,其竖向投点误差不宜超过 1mm。

8.5.3 通过天底仪竖向投测的底板平面基点,应与该楼层新增的加密点一起构网,并应采用多联脚架法进行边、角组合观测。

8.5.4 厂房内部水准标高的垂直传递宜采用悬吊钢尺、水准观测读数的方法,并应由底板微网的水准基点传递高程至其他楼层面。悬吊钢尺法竖向高程传递应按下式计算:

$$H_2 = H_1 + a + (c - b) - d \quad (8.5.4)$$

式中: H_1 、 H_2 ——分别为底层已知、上层未知高程值;

a 、 b ——分别为底层水准尺、钢尺读数;

c 、 d ——分别为上层钢尺、水准尺读数。

8.5.5 采用悬吊钢尺法进行高程传递测量时,楼上和楼下安置的两台水准仪应按照“楼上一楼下一楼下一楼上”或“楼下一楼上一楼上一楼下”的原则同时测量,并应在钢尺上悬吊与钢尺检定时质量相一致的重锤。

8.5.6 使用钢尺传递高程时,应符合下列规定:

- 1 钢尺读数零端应在下方。
- 2 水准仪观测,每一测站的前后视距差不宜大于 1m。
- 3 应独立观测至少两次,两次间应变动仪器高。
- 4 两次观测高差较差应小于 0.5mm。
- 5 观测高差应进行温度和尺长改正,其中温度应取上下两层读数的平均值。

8.6 施工测量及检测

8.6.1 水工构筑物、BOP(Balance of Plant)建筑及其他建(构)筑物的施工测量可按现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定执行。

8.6.2 建筑施工测量应收集下列技术资料:

1 施工图纸,包括土石方开挖图、总平面图、厂房基础图、各楼层平面图、结构模板图、设备基础图、设备安装图及技术条件、管网图等。

2 建筑物或设备的设计与说明,特别是限差的要求。

3 设计变更。

4 各级控制网资料。

8.6.3 施工测量前,宜依据设计图纸和说明编制作业计划,并应对控制点进行检核。

8.6.4 施工测量应根据限差要求采用不同的方法,主要包括基准线法、弦线支距法、距离或方向交会法、极坐标法等。

8.6.5 当已有的控制点布置不满足施工测量时,可适当建立加密控制网点和临时加密点,加密网的施测方法、技术要求应与同级控

制网相同。

8.6.6 施工测量控制基准的选择原则应符合下列规定：

1 对于基坑开挖土石方工程及独立的建(构)筑物,其施工测量基准应为初级网或次级网。

2 对于相互联系的建筑物,其施工测量基准应为次级网或该区域厂房内部微网。

3 对于某一建筑物内部结构或设备,施工测量基准应采用该区域微网。

4 每个厂房应只有一个高程基点;高程传递应采用精密水准测量;各厂房高程点高程确定后,不应改变。

8.6.7 大型设备基础浇筑过程中应进行监测,当发现位置及标高与设计要求不符时,应立即通知施工人员,并应及时处理。

8.6.8 放线后应进行检查,并应编制测量定位和检查记录。

8.6.9 施工测量的测量技术及精度要求应满足设计技术要求,首先按相关设计技术要求执行,若设计技术要求无规定时,可按本标准第 8.6.10 条~第 8.6.13 条的允许偏差确定测量精度。

8.6.10 混凝土工程及普通预埋件允许偏差应符合表 8.6.10 的规定。

表 8.6.10 混凝土工程及普通预埋件允许偏差

项 目	内 容	允许偏差(mm)
垫层、墙、柱、基础、楼板	平面位置控制线	±10
	标高线	±10
各施工层上放线	轴线位置	±10
	墙、梁、柱边线	±10
预埋件	位置、标高	±10
预埋螺栓	中心线位置	±5
预埋管	中心线位置	±5
预留洞	中心线位置	±10

8.6.11 构件允许偏差应符合表 8.6.11 的规定。

表 8.6.11 构件允许偏差

项 目	内 容		允许偏差(mm)
钢衬里	底板衬里标高		±15
	底板衬里平整度		5mm/2000mm (用2m标尺检查)
筒体	径向位置(半径)		±50
截锥体	径向位置(半径)		±50
环形吊车牛腿	位置		±25
	顶面标高		-8~0
柱	中心线对轴线位置		±5
	上下柱接口中心线位置		±3
	垂直度	$H \leq 5m$	±5
		$5m < H < 10m$	±10
		$H \geq 10m$	$H/1000$, 且 ≤ 20
	牛腿上表面和 柱顶标高	$H \leq 5m$	-5~0
		$H > 5m$	-8~0
梁或吊车梁	中心线对轴线位置		±5
	梁上表面标高		-5~0

注: H 为柱子高度(mm)。

8.6.12 核岛主要设备允许偏差应符合表 8.6.12-1~表 8.6.12-11 的规定。

表 8.6.12-1 核岛主系统设备预埋件允许偏差

预埋件分类	允许偏差(mm)		
	平面	平整度	标高
蒸汽发生器下部水平支撑预埋件	±10	5	±3
蒸汽发生器上部水平支撑预埋件	±10	5	±3

续表 8.6.12-1

预埋件分类	允许偏差(mm)		
	平面	平整度	标高
主管道过渡段支架预埋件	±10	10	±5
阻尼器埋件	±10	10	—
稳压器垂直支撑预埋件	±10	—	0~10
稳压器水平防甩支架预埋件	±10	10	—
主管道穿墙套管	±10	—	±5
蒸汽发生器和冷却剂泵垂直支撑预埋件	±10	10	±3

表 8.6.12-2 反应堆压力容器环形支承在二次灌浆前、后的允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	支承环方位轴线与对应基准线偏差	±0.5
2	各支座凹槽水平面标高高差	±1.0
3	支承环水平度	0.5

表 8.6.12-3 反应堆压力容器允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	压力容器方位标记与支承环上对应标记之间偏差	±0.5
2	堆内构件支承面标高	±1
3	堆内构件支承面水平度	0.3
4	压力容器支承块与支承座之间的侧向间隙	±0.05

表 8.6.12-4 堆腔密封环允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	上部支承环平行度	≤2
2	上部支承环内径	±5
3	凸缘上表面与密封环槽底间的距离	±2

表 8.6.12-5 蒸汽发生器垂直支承基板在二次灌浆后的允许偏差

序号	项 目		允许偏差
1	垂直支承底板标高		$\pm 3\text{mm}$
2	垂直支承底板水平度		1mm
3	垂直支承基板	位置尺寸	$\pm 2\text{mm}$
		角度	$\pm 30'$
4	垂直支承支腿	位置尺寸	$\pm 2\text{mm}$
		角度	$\pm 30'$
5	垂直支承垂直度(热态)		$\pm 5\text{mm}$

表 8.6.12-6 蒸汽发生器水平支承允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	下部水平支承最终安装位置		± 5
2	下部水平支承最终安装标高		± 5
3	下部水平支承挡架与挡块的间隙	前挡架	± 4
		侧挡架	± 2
4	蒸汽发生器上部支承环安装标高		± 10
5	上部滑板与蒸汽发生器支承环间隙(二次灌浆前、后进行检查)	主泵对面侧(30mm)	± 5
		主泵侧(30mm)	± 5
6	阻尼器基板平面度(到货接收检查及二次灌浆后检查)		0.15mm/800mm
7	阻尼器基板安装标高(二次灌浆前、后检查)		± 10
8	阻尼器基板安装垂直度(二次灌浆前、后检查)		± 2
9	阻尼器支座中心标高		± 15

表 8.6.12-7 蒸汽发生器允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	设备垂直度(在不小于 9m 的范围上测量)	± 5
2	蒸汽发生器热段入口管嘴中心标高	± 2

表 8.6.12-8 主泵泵壳允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	泵壳支耳上表面标高	±2
2	泵壳支耳上表面水平度	0.3mm/1000mm

表 8.6.12-9 稳压器支承允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	稳压器支承环板	水平度
		标高
		位置尺寸
2	水平挡块标高	±20
3	水平挡块安装	轴线角向
		径向

表 8.6.12-10 稳压器允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	安装垂直度(在不小于 8m 范围上测量)	±5
2	稳压器安装位置偏移量(角向)	±7

表 8.6.12-11 反应堆堆坑贯穿件允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	反应堆堆腔贯穿件安装位置	±1
2	主回路管道热段中心线标高	±4
3	防甩限位器与主回路管道间间隙	±15

8.6.13 汽轮机基座预埋件允许偏差应符合表 8.6.13 的规定。

表 8.6.13 汽轮机基座预埋件允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	标高及中心轴线	≤2
2	水平倾斜度	≤1/2500

续表 8.6.13

序号	项 目	允许偏差(mm)
3	垂直面相对机组中心线的垂直度	$\leq 1/2500$
4	中轴线与机组中心线的平行度(准直度)	$\leq 1/10000$
5	汽门台板中心线与机组中心线的平行度	$\leq 1/500$
6	直埋的地脚螺栓或钢套管铅垂偏差	$< L/450$

注: L 为预埋长度(mm)。

8.6.14 现场各种控制点、线、部件的测量放线标识应清楚、准确,迹线应清晰耐久。轴线或基础划线时,线宽度不得大于 1.5mm。

8.6.15 测量结束后,应及时整理测量成果。当超过允许偏差或不符合技术要求时,应检查资料和计算过程,必要时应进行复测。

8.6.16 对重要的和精度要求高的结构、设备及构件宜编制专用的测量方案。在施工放样测量后,宜进行同等精度的检查测量。

8.6.17 所有的检测应做出检测结论和检测报告。

8.7 数据处理及成果提交

8.7.1 施工测量的资料整理应包括所有原始观测资料的整理与检查、内业数据分析及计算、观测成果汇总和相关资料归档等内容。单项工程完工后,应连同委托书、技术设计书、测量技术总结、检查验收材料及设计图纸等一并整理归档。

8.7.2 每项测量工作的原始观测记录应填写齐全,内容应包括角度、距离和高程测量的观测数据,以及仪器、观测、记录、日期、天气、仪器高、温度、气压、相对湿度、水准路线等有关的记事项目,并均应现场采用钢笔或铅笔记录在规定格式的手簿中。

8.7.3 手工记录时,实际测量数据的平均值应在现场即时算出。当采用电子记录时,观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份,编辑打印后还应加注必要的说明。所有原始记录均应经过检查校核后再使用。

8.7.4 控制网的内业处理应采用严密平差法。平面控制网平差

计算结果应表示出验后单位权中误差、观测值的改正数和平差值、点位坐标成果、点位坐标中误差和相邻点间误差等数据；高程控制网平差计算结果应表明点位高程、点位高程中误差、每千米高差全中误差、每千米高差偶然中误差等数据。

8.7.5 次级网复测应根据基准点稳定性分析的结果，并以稳定的基准点为起算数据进行严密平差。

8.7.6 微网复测宜采用拟稳平差方法进行数据处理，应合理选取拟稳点和非拟稳点。

8.7.7 平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程，以及成果、图表和各种检验、分析资料，应完整清晰、准确无误。

8.7.8 施工测量内业计算和分析中的数字取位应符合表 8.7.8 的规定。

表 8.7.8 施工测量内业计算和分析中的数字取位要求

类别	角度(°)			边长(mm)			坐标 (mm)	高程 (mm)
	观测值	改正数	平差值	观测值	改正数	平差值		
控制点	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
观测点	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

8.7.9 施工测量的各项工作完成后，宜提交下列资料：

- 1 经审定的技术设计书。
- 2 控制网展点图、水准路线示意图。
- 3 外业测量原始记录复印件。
- 4 各种测量仪器和工具的检验资料。
- 5 各项内、外业计算资料、精度评定及成果表。
- 6 检查、验收报告和测量技术报告。
- 7 其他有关的资料。

9 变形监测

9.1 一般规定

9.1.1 核电厂变形监测的基准网宜由次级网的基准点和工作基点构成,变形监测网工作基点的加密宜按本标准第 8.3 节的有关规定执行。

9.1.2 变形监测点应埋设在监测体上最能反映变形特征和变形明显的部位,并应便于监测。

9.1.3 核电厂变形监测的等级划分及精度要求应符合表 9.1.3 的规定。

表 9.1.3 变形监测的等级划分及精度要求

等级	高程中误差 (mm)	点位中误差 (mm)	适用范围
一等	0.3	1.5	核电厂中有特殊要求的项目,一级基坑
二等	0.5	3.0	核岛、常规岛等主体建筑物,二级基坑
三等	1.0	6.0	附属设施、水库坝体、码头、环廊基础,三级基坑、岩质滑坡等
四等	2.0	12.0	库(棚)、传达室、围墙、临时建筑,土质滑坡等

注:1 变形监测点的测量中误差指相对于邻近基准点的中误差。

2 特定方向的位移中误差,可取表中相应中误差的 $1/\sqrt{2}$ 作为限值。

3 特殊情况下监测精度要求可根据实际情况在设计中确定。

9.1.4 每个重要的建(构)筑物都宜有独立的变形测量监测系统。在工程设计时,应对变形监测内容进行统筹安排;在建造时,各项

监测设施应随施工的进展及时埋设安装。

9.1.5 开挖深度不小于 5m,或开挖深度小于 5m 但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑工程以及其他需要监测的基坑工程应实施基坑监测。基坑工程监测应按现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定执行。

9.1.6 首次观测应连续进行两次独立观测,当两次较差不超过 2 倍中误差时应取其平均值作为变形监测初始值。

9.1.7 监测仪器、设备和元件应符合下列规定:

1 应满足监测精度和量程的要求,且应具有良好的稳定性和可靠性。

2 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查。

9.1.8 不同周期的变形监测应符合下列规定:

1 应选择良好的观测时段并在较短的时间内完成。

2 应采用相同的观测路线和观测方法。

3 宜使用相同测量仪器和设备。

4 观测人员宜固定。

5 应记录荷载、天气、温度、气压、相对湿度等环境因素。

6 应采用统一基准处理数据。

9.1.9 建(构)筑物变形测量过程中发生下列情况之一时,应立即实施安全预案,同时应提高观测频率或增加观测内容:

1 变形量或变形速率出现异常变化。

2 变形量或变形速率达到或超出变形预警值。

3 开挖面或周边出现塌陷、滑坡。

4 建(构)筑物本身或其周边环境出现异常。

5 由于地震、暴雨、冻融等自然灾害引起的其他变形异常情况。

9.2 水平位移测量

9.2.1 水平位移测量可采用测角前方交会法、边角交会法、极坐

标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法、正垂线法、倒垂线法或地面激光扫描法等。

9.2.2 水平位移监测的水平角观测宜采用方向观测法,其技术要求应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	测回数	两次照准目标读数差 (")	半测回归零差 (")	测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
一等	0.5"级	6	2	3	5	3
二等	0.5"级	4	2	3	5	3
	1"级	6	3	6	9	6
三等	0.5"级	2	2	3	5	3
	1"级	4	4	6	9	6
四等	1"级	2	4	6	9	6
	2"级	4	6	8	13	9

注:当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,该方向的 2C 互差可按同一观测时段内相邻测回进行比较。

9.2.3 水平位移监测的距离测量宜采用全站仪测距,其技术要求应符合表 9.2.3 的规定。

表 9.2.3 全站仪测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	测回数		一测回读数较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)	气象数据测定最小读数		往返测距较差 (mm)
		往	返			温度 (°C)	气压 (hPa)	
一等	2mm 级	4	4	1	1.5	0.2	50	$\leq 2(a+b \cdot D)$
二等	2mm 级	3	3	1	1.5			
	5mm 级	3	3	3	4			

续表 9.2.3

等级	仪器精度等级	测回数		一测回 读数较差 (mm)	单程各 测回较差 (mm)	气象数据测定 最小读数		往返测距较差 (mm)
		往	返			温度 (℃)	气压 (hPa)	
三等	2mm 级	2	2	1	1.5	0.2	50	$\leq 2(a+b \cdot D)$
	5mm 级	2	2	3	4			
四等	5mm 级	2	2	3	4			
	10mm 级	2	2	5	7			

注:1 测回指照准目标一次,读数2次~4次的过程。

2 根据具体情况,测边可采取不同时间段代替对向观测。

3 测量斜距应经气象改正和仪器加、乘常数改正后再进行水平距离计算。

9.2.4 当采用交会法、极坐标法时,其主要技术要求应符合下列规定:

1 采用测角交会法时,其交会角应为 $60^\circ \sim 120^\circ$,并宜采用三方向交会;采用测边交会法时,交会角宜为 $30^\circ \sim 150^\circ$ 。

2 极坐标法观测宜采用双测站极坐标法测定,其边长应采用全站仪测定。

3 测站应采用有强制对中装置的观测墩,变形观测监测点可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志,也可采用光学垂准仪或天底仪对中。

9.2.5 当采用小角法、视准线法时,其主要技术要求应符合下列规定:

1 视准线两端的延长线处宜设立校核基准点。

2 视准线应离开邻近障碍物 1m 以上。

3 各测点偏离视准线的距离不应大于 2cm;采用小角法观测时可适当放宽,小角角度不应超过 $30''$ 。

4 视准线法测量可选用活动觇牌法,当采用活动觇牌法观测时,监测精度宜为视准线长度的 $1/100000$ 。

5 当采用小角法观测时,监测精度应按式(9.2.5)估算:

$$M_s = m_\beta L / \rho \quad (9.2.5)$$

式中: M_s ——位移中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

L ——视准线长度(mm);

ρ ——取值为 206265"。

6 基准点和测站点应采用有强制对中装置的观测墩。

7 当采用活动觇牌法观测时,观测前应对觇牌的零位差进行测定。

9.2.6 正、倒垂线法的主要技术要求应符合下列规定:

1 应根据垂线长度合理确定重锤质量。

2 垂线宜采用直径为 $\phi 0.8 \sim \phi 1.2$ 的不锈钢丝或因瓦丝。

3 单段垂线长度不宜大于 50m。

4 测站应采用有强制对中装置的观测墩。

5 垂线观测可采用光学垂线坐标仪,测回较差不应超过 0.2mm。

9.2.7 主体倾斜和挠度观测应符合下列规定:

1 可采用监测体顶部及其相应底部变形观测点的相对水平位移计算主体倾斜。

2 可采用基础差异沉降推算主体倾斜值和基础的挠度。

3 直立监测体的挠度观测可采用正、倒垂线法。

4 监测体的主体倾斜率和按差异沉降推算的主体倾斜值应按本标准附录 J 的公式计算,按差异沉降推算的基础相对倾斜值和基础挠度应按本标准附录 K 的公式计算。

9.3 垂直位移测量

9.3.1 核岛、常规岛等建筑物的垂直位移宜采用精密水准测量方法进行监测,在变形较大或不便于立尺的地方可同时辅以静力水准法独立监测。单个构件可采用测微水准仪或电子倾斜仪等进行

测量。

9.3.2 垂直位移测量点的布设应符合下列规定：

1 点位应布设在能够反映建(构)筑物变形特征和变形明显的部位。

2 标志应稳固、明显、结构合理,不影响建(构)筑物的美观和使用。

3 点位应避开障碍物,并应布设在有利于观测和长期保存的位置。

9.3.3 垂直位移测量的各项记录应注明观测时的气象情况和荷载变化。

9.3.4 垂直位移测量的主要技术要求应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 垂直位移测量的主要技术要求

等级	相邻基准点 高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差、附合 或环线闭合差 (mm)	检测已测 高差较差 (mm)
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
三等	1.0	0.3	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.7	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

9.3.5 水准观测的主要技术要求应符合表 9.3.5 的规定。

表 9.3.5 水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度 等级	水准尺	视线 长度 (m)	前后视 的距离 较差 (m)	前后视 的距离 较差 累积 (m)	视线离 地面最 低高度 (m)	基、辅 分划读 数较差 (m)	基、辅 分划所 测高差 较差 (m)	数字 水准仪 重复测 量次数
一等	DS05、 DSZ05	因瓦	≤ 15	≤ 0.3	≤ 1.0	≥ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.4	4

续表 9.3.5

等级	仪器精度等级	水准尺	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离较差累积(m)	视线离地面最低高度(m)	基、辅分划读数较差(m)	基、辅分划所测高差较差(m)	数字水准仪重复测量次数
二等	DS05、DSZ05	因瓦	≤ 30	≤ 0.5	≤ 1.5	≥ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.4	3
三等	DS05、DSZ05	因瓦	≤ 50	≤ 2.0	≤ 3.0	≥ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.7	2
	DS1、DSZ1	因瓦	≤ 50	≤ 2.0	≤ 3.0	≥ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.7	3
四等	DS1、DSZ1	因瓦	≤ 75	≤ 3.0	≤ 8.0	≥ 0.2	≤ 1.0	≤ 1.5	2
	DS3、DSZ3	玻璃钢	≤ 75	≤ 3.0	≤ 8.0	≥ 0.2	≤ 1.0	≤ 1.5	3

注：视距长度小于 5m，引测至观测墩等特殊情况下，视线高可放宽。

9.3.6 建(构)筑物的垂直位移测量点应按设计图纸埋设，并宜符合下列规定：

1 宜埋设在建筑物四角或沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱基上。

2 宜埋设在裂缝、沉降缝或伸缩缝的两侧。

3 宜埋设在人工地基和天然地基的接壤处，也可埋设在建筑物不同结构的分界处。

4 宜埋设在烟囱、水塔和大型储藏罐等高耸构筑物的基础轴线的对称部位，每一构筑物不得少于 4 个点。

9.3.7 施工期间，建筑物的垂直位移测量周期应按施工进度和荷载变化确定，垂直位移测量总次数不应少于 5 次。

9.4 在线变形监测

9.4.1 监测单位应根据核电厂责任方的要求制订在线变形监测方案,下列监测体的监测方案应进行专门论证:

- 1 已发生严重事故,重新组织施工的基坑工程或高边坡工程。
- 2 已发生严重事故,经检测、处理与评估后恢复施工或使用的监测体。
- 3 监测方案复杂或其他需要论证的监测体。

9.4.2 在线变形监测系统宜具备下列功能:

- 1 能接收和管理各种变形监测的原始数据和观测数据、计算数据、成果数据等资料。
- 2 能接入和接收存储各类传感器和设备的实时监测数据。
- 3 能对各期观测数据进行检核和处理。
- 4 能进行监测基准网和变形监测网观测数据的平差计算和基准点的稳定性分析。
- 5 能通过变形量和变形因子关系模型,对监测点的变化统计分析后,进行变化趋势预报。
- 6 具有数据查询、数据上传、数据共享和推送功能。
- 7 具有变形成果图表生成功能,可实现监测结果的三维可视化表达功能。
- 8 可根据不同风险类型、风险级别建立预警及报警处置预案。
- 9 具有用户管理、数据与信息管理和系统安全管理等功能。

9.4.3 在线变形监测系统的基本性能应满足下列要求:

- 1 系统运行方式应能支持 24h 不间断运行。
- 2 系统的故障率应低于 5%。
- 3 系统应具有良好的兼容性和可扩展性。
- 4 系统应具有完备的信息安全保障体系。

9.4.4 在线变形监测系统宜采用作图分析法、统计分析法、对比分析法、建模分析法等对监测数据进行变形的几何分析和物理解

释;当利用变形量与变形因子关系模型进行变形趋势预报时,应给出预报结果的误差范围及适用条件。

9.4.5 在线变形监测系统在评审验收之前应进行试运行。验收内容应包括文档验收、程序验收等。

9.5 数据处理与变形分析

9.5.1 观测工作结束后,应及时整理和检查外业观测手簿。

9.5.2 当采用电子记录时,观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份,编辑打印后还应加注必要的说明。

9.5.3 数据处理工作可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定执行,平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程,以及成果、图表和各种检验、分析资料,应完整清晰、准确无误。

9.5.4 内业资料整理应包括原始资料的整理与检查以及变形观测点的成果汇总等内容。

9.5.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位要求应符合表 9.5.5 的规定。

表 9.5.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位要求

类别	方向值 ($^{\circ}$)	边长 (mm)	坐标 (mm)	高程 (mm)	水平位移量 (mm)	垂直位移量 (mm)
一级	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
二级	0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

9.5.6 变形监测系统的变形探测、预警和报警能力宜采用变形仿真技术进行技术验证。

9.5.7 水平位移测量结束后,宜提交下列资料:

- 1 水平位移量成果表。
- 2 水平位移测量报告。
- 3 观测点平面位置图。

- 4 水平位移量曲线图。
- 5 荷载、温度、位移值相关曲线图等。

9.5.8 垂直位移测量结束后,宜提交下列资料:

- 1 垂直位移量成果表。
- 2 垂直位移测量报告。
- 3 观测点平面位置图。
- 4 位移速率、时间、位移量曲线图。
- 5 荷载、时间、位移量曲线图。
- 6 等位移量曲线图。
- 7 相邻影响曲线图等。

10 其他测量

10.1 一般规定

10.1.1 各项测量工作采用的平面坐标系统和高程系统应与核电厂现阶段所采用的平面坐标系统和高程系统保持一致。

10.1.2 测量前应搜集测区及附近已有的各种比例尺地形图和控制点等测绘资料,并应对其进行验证。

10.1.3 测量作业中应加强各工序质量控制,测量成果应进行检查校核,并应与已有的其他测量成果进行对比验证。

10.1.4 核电厂大件运输和重件运输公路测量工作应执行现行行业标准《公路勘测规范》JTG C10 的有关规定。

10.1.5 核电厂大件运输航道和码头测量工作应执行现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131 的有关规定。

10.2 勘探点、线测量

10.2.1 勘探点、线测量内容宜包括工程地质测绘和调查、工程物探和勘探、原位测试等测量工作。

10.2.2 工程地质测绘的地质观测点的定位测量可采用目测法、半仪器法、仪器法等方法。一般性地质观测点和地质界线的测绘精度不应低于图上 3mm。

10.2.3 地质观测点和地质界线的实地测绘宜采用 GNSS 定位法或极坐标法。当测绘填图区内已有的控制点不足时,可以邻近区域的控制点为起始点采用图根导线或支导线往返测加以补充。对于 1:10000~1:2000 比例尺地质填图测绘,可采用图解交会法求得。

10.2.4 工程物探和勘探点、剖面线的布设应根据物探和勘探点、

剖面线的设计坐标实地放样,并应设置对应的编号和标志。

10.2.5 对已施工完毕的勘探点宜重新测定中心坐标及高程,并应符合下列规定:

1 地面钻孔应测定实际钻孔中心位置的坐标及其地面高程和管口高程。

2 水上钻孔应测定管口中心位置的坐标、高程和孔口处的水底高程。

3 坑槽宜沿其一侧测其端点、折点的平面位置和高程。

10.2.6 勘探点位测设于实地的允许偏差应根据设计阶段、场地和工程情况以及勘探任务要求等确定,并应符合下列规定:

1 陆域:初步设计阶段平面位置允许偏差应为 0.50m,高程允许偏差应为 0.10m;施工图设计阶段平面位置允许偏差应为 0.25m,高程允许偏差应为 0.05m;对于可行性研究阶段、选址阶段,可利用适当比例尺的地形图,根据地形、地物特征确定勘探点位和孔口高程。

2 水域:初步设计阶段平面位置允许偏差应为 2.0m,高程允许偏差应为 0.20m;施工图设计阶段平面位置允许偏差应为 1.0m,高程允许偏差应为 0.10m。

10.2.7 初步设计、施工图设计阶段工程物探和勘探点、剖面线的布设和定测宜选用 GNSS RTK 法或极坐标法;在初步设计阶段,也可选用 RBN-DGNSS 方法。

10.2.8 工程物探和勘探点、剖面线的高程宜采用五等水准测量、三角高程测量或 GNSS 拟合高程测量方法测定。

10.2.9 地质剖面测量应符合下列规定:

1 剖面定线中应建立剖面线上的起讫点和转点,并在其间加设控制点。

2 剖面测量中剖面点的密度应充分反映地形、地貌变化,剖面测点间距不宜大于剖面图上 1cm。

3 应展绘成地质剖面图。

10.2.10 在无控制点的地区测量工程物探点和勘探点、剖面线时,GNSS控制网、导线网或三角形网的布设应符合本标准第4章、第5章的有关规定。当布设图根导线时,导线长度可适当放长,但相对闭合差不应大于1/2000。

10.2.11 工程物探和勘探点、剖面线的坐标成果取值应符合下列规定:

1 平面应取位至0.01m。

2 高程应取位至0.01m。

10.2.12 原位测试点位的布设和定测可按本标准第10.2.4条~第10.2.11条的规定执行。

10.3 水文测量

10.3.1 水文测量宜包括水准测量、平面控制测量、水尺零点高程测量、断面测量、比降测量、洪痕测量以及测流点、波浪观测点、泥沙底质探测点、专用潮位站、专用气象站等的定位测量。

10.3.2 水文测量应符合下列规定:

1 长距离水准测量路线最弱点的高程中误差不应大于40mm;专用水文站内的各水准点联测、比降观测和水尺零点高程测量路线最弱点的高程中误差不应大于10mm。

2 平面控制测量最低一级图根导线以及常用基线测设的最弱边相对中误差不应大于1/2000,断面测量、距离控制桩之间相对距离中误差不应大于1/1000。

3 平面、高程控制测量应按本标准第4章和第5章的有关规定执行。

10.3.3 专用水文站高程测量的基本水准点和校核水准点总数不应少于3个,基本水准点和校核水准点应在不同位置设置,宜构成高程自校系统。高程引测起始点等级不宜低于国家三等水准点,引测精度不应低于三等水准测量。

10.3.4 水尺零点高程测量宜由校核水准点开始引测,应按四等

水准测量精度要求观测。

10.3.5 陆域断面测量宜采用 GNSS RTK 定位法、全站仪极坐标法等方法,测点密度应充分反映地形、地貌变化,测点高程中误差不应大于 0.1m。

10.3.6 水域断面测量应符合本标准第 7 章的有关规定,宜采用 GNSS RTK、RBN-DGNSS 定位加测深仪测深方法,断面上测点间距不应大于图上 2cm。水域测点平面点位误差不应大于 1m,高程中误差不应大于 0.2m。

10.3.7 大断面测量,内河应测至历年最高洪水位以上 1m 或防洪堤堤脚,沿海应测至海岸线。固定断面应埋设固定标桩,固定点高程可采用四等水准测量。

10.3.8 水文测量的断面图比例尺横向宜为 1:500,纵向宜为 1:50。

10.3.9 比降水尺或比降点的平面点位误差不应大于图上 0.6mm。

10.3.10 重要洪水痕迹的高程应采用四等水准测量,一般洪水痕迹的高程可采用五等水准测量或三角高程测量。

10.3.11 测流点、波浪观测点、泥沙底质探测点、专用潮位站的平面位置定位宜采用 GNSS RTK、RBN-DGNSS 方法,测点平面点位中误差不应大于 1m。

10.3.12 专用气象站平面、高程定位测量宜采用极坐标法,平面点位误差不应大于图上 0.6mm,高程中误差不应大于 0.2m。

10.3.13 水文测量成果取值应符合下列规定:

- 1 水文断面点间距应取至 0.1m。
- 2 比降测量点间距应取至 1m。
- 3 高程应取至 0.01m。

10.4 管线工程测量

10.4.1 核电厂管线工程测量宜包括下列内容:

- 1 为管线工程设计测绘地形图及纵、横断面图。

2 按设计要求将管线位置测设于实地。

10.4.2 管线工程的平面、高程控制点应靠近线路布设,点位标石宜埋设在土质密实、引测方便、易于保存、施工干扰区外围的位置,相邻平面控制点应两两通视。

10.4.3 管线控制测量的坐标系统和高程系统应与本工程的首级控制网一致。当管线工程与外部衔接时,应与当地坐标系统和高程系统进行联测。平面控制测量宜采用 GNSS、导线测量等方法,并应符合本标准第 4 章的有关规定。

10.4.4 高程控制测量宜采用水准测量或全站仪测距三角高程测量方法,并应符合下列规定:

1 水准测量应符合本标准第 5.2 节中有关五等水准测量的规定。高程控制网应布设成附合水准路线,山区每隔 0.5km~1km、平原区每隔 1km~2km 应埋设固定水准点,每隔 30km 应与高等级水准点联测一次。

2 三角高程测量应符合本标准第 5.3 节中有关五等三角高程测量的规定。附合路线长度不应大于 30km,起讫点的精度等级不应低于四等水准测量要求。

10.4.5 管线工程宜实地测量纵断面图,有特殊需要时应加测带状地形图,局部复杂地段应加测横断面图或大样图。测图比例尺宜符合表 10.4.5 的规定。

表 10.4.5 管线工程测图比例尺

管线类型	带状地形图	工点地形图	纵断面图		横断面图	
			水平	垂直	水平	垂直
自流管线	1:500、 1:1000	1:200	1:500、 1:1000	1:50、 1:100	1:100	1:100
压力管线	1:1000、 1:2000	1:500	1:1000、 1:2000	1:100、 1:200	1:100	1:200

注:1 宜根据初步设计路径实地测量管线附近的带状地形图,宽度宜为两侧各 20m~50m。

2 管线工程地形图可根据设计要求的测图比例尺、带状宽度施测。

10.4.6 管线带状地形图宜采用全站仪极坐标法或 GNSS RTK 法测绘,并应采用数字化成图方法成图。地物、地貌的取舍应符合本标准第 6.7 节和第 6.8 节的规定,对线路具有制约作用的地物点应测量准确、突出表示。

10.4.7 地下管线工程应对拟建线路沿线的已有地下管线进行探查、测量,并应标注在地形图和断面图上。地下管线探查和测量应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的有关规定。

10.4.8 初测路线方案宜根据地形图以及实地踏勘结果,在图上设计选定。当情况复杂需现场定线时,应由业主、设计、勘测等代表共同确定,并应实地设置中线控制点标志。

10.4.9 管线中心线定线测量可采用经纬仪正倒镜分中法延长直线,也可采用 GNSS RTK 直线放样法定线,方向点偏离直线不应超过 $180^{\circ} \pm 1'$ 。

10.4.10 管线中线的起点、终点、方向点、转折点应设置固定标桩,其点位坐标及高程测定应符合下列规定:

1 当采用极坐标法测量时,水平角应观测一测回,半测回较差应小于 $30''$;边长应测量一测回,读数较差应小于 20mm;高程可采用变化镜高的方法各测一次,两次所测高差较差不应大于 0.2m。

2 当采用 GNSS RTK 测量时,每点应观测两次,两次测量的纵、横坐标及高程的较差均不应大于 0.2m。

10.4.11 管线的断面测量应符合下列规定:

1 纵断面测量时,在转角点与转角点之间或转角点与方向点之间应进行附和,其距离相对闭合差不应大于 $1/1000$,高程闭合差不应超过 $0.2\sqrt{n}\text{m}$, n 为测站数。

2 纵断面测点密度应充分反映地形变化,相邻断面点间距不应大于图上 5cm;在地形变化处应加测断面点,局部高差小于 0.5m 的沟坎可舍去;当线路通过河流、水塘、道路或其他管道时

应加测断面点。

3 管线与已有道路、沟管、架空线路交叉时,应根据需要测量交叉点平面位置及高程、净空高或负高。纵断面图中,平面图的地物可根据需要实测其位置、高程及高度。

4 横断面测量的相邻断面点间距不应大于图上 2cm。

10.4.12 管线施工前,应对水准测量、导线或 GNSS 控制测量成果以及管线原有中线桩的桩间距离和高差进行检测。检测成果与初测成果的较差在限差以内时,应采用原成果作为放线依据;超出限差时,应重测。

10.4.13 中线校核测量宜采用光电测距法或 GNSS RTK 定位法。应根据测量资料及设计图纸,对保存完好的桩位进行校核、恢复丢失的桩点或按改线资料重新测设新的中线控制桩,沿管线中心线应由起点开始测设里程桩和加桩。

10.4.14 高程检核应采用水准测量方法布设附合水准路线。在引测水准点时,宜联测所有控制桩和中线桩的高程,校核原有管线出入口以及与设计管线交叉处的高程,在沿线附近应设置间距不大于 150m 的临时施工水准点。

10.4.15 开槽管线施工过程的测量工作应符合下列规定:

1 在开挖沟槽前应测设施工中线控制桩。中线控制桩宜测设在管线起点、终点及转折点处的中线延长线上。

2 在基槽内投测管线中心线,间距宜为 10m,最长不应大于 20m。

3 在基槽内测设高程及坡度控制桩,或在槽口埋设坡度板测设坡度钉,间距不应大于 10m,非自流管道的间距不应大于 20m。

4 管线安装过程中应使用经纬仪、水准仪及时校测。

5 各种地下管线应在回填土前测出起点、终点、交点和井位的坐标及管顶高程。

10.4.16 架空管道施工测量应符合下列规定:

1 架空管道中线定位后应检查各交点处中心线夹角,其测量

值与设计值之差不得超过 $10'$ ；测量值与设计值之差超过 $10'$ 时，应进行调整。

2 中心线及夹角调整后可测设管架中心线及基础中心桩，其直线投点误差不应大于 5mm ，基础间距测量精度不应低于 $1/2000$ 。

3 应根据中心桩采用十字线法或平行线法测定控制桩。

4 基础浇筑时应对直埋螺栓固定位置及高程进行检测。

5 支架柱模板铅垂度的测量允许偏差应为 1% 。

6 管道安装前应在已校正好的支架上测设中心线及高程。

10.4.17 各类管线的起点、终点、交点及井位相对于附近定位依据点的施工定位测量允许误差应符合表 10.4.17 的规定。

表 10.4.17 管线工程施工定位测量允许误差

类 型	点位允许误差(mm)
敷设在沟槽内及架空	± 25
埋地	± 50

注：允许误差的规定主要用于校测工作的精度控制。

10.4.18 各类管线安装高程与模板高程的测量允许误差应符合表 10.4.18 的规定。

表 10.4.18 管线安装高程与模板高程的测量允许误差

管线类型	高程测量允许误差(mm)
自流管	± 3
压力管	± 10

10.4.19 管线工程在施工过程中，宜分阶段完成项目的竣工资料搜集及竣工图的调查、测量和编绘工作，工程竣工后应及时进行竣工图的整理。对管线的属性、平面位置和高程等应标注清晰，宜采用建立数据库的方式进行管理。

10.4.20 地下管廊和隧道工程施工测量应符合现行行业标准《电力工程施工测量标准》DL/T 5578 的有关规定。

10.4.21 核电厂架空输电线路测量工作应按国家现行标准《330kV~750kV 架空输电线路勘测标准》GB/T 50548 和《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076 的有关规定执行。

10.5 土石方测量

10.5.1 土石方测量可采用格网法、断面法、三角网法或等高线法,测量仪器可采用三维激光雷达、GNSS RTK 接收机或全站仪等。

10.5.2 土石方测量宜在清表之后进行,测量点应反映地形变化特征,点位测量中误差和高程中误差应小于 0.1m,土石方测量制图比例尺宜为 1:500。

10.5.3 平坦地区场地土石方测量宜采用格网法,格网宜布设为正方形,格网间距不宜大于 5m。

10.5.4 道路、管线等狭长地带土石方测量宜采用断面法,断面点的间距不宜大于 5m,地形陡变的坎上、坎下应分别布设测点,相邻断面的间距不宜大于 5m。在地形复杂、起伏变化较大,或地狭长、挖填深度较大且不规则的地段,宜选择横断面法。

10.5.5 地形起伏较大地区土石方测量宜采用三角网法,地形特征点应参与构建三角网,地性线应作为三角网的边参与构网,陡坎的坎上和坎下均应布设测点并参与构网。

10.5.6 地形起伏较大、坡度变化较多、地形图精度较高时,可采用等高线法估算土石方量。

11 竣工测量

11.1 一般规定

11.1.1 在工程施工过程中或施工完成后,应根据工程需要进行竣工测量。

11.1.2 竣工测量前应搜集经审批的设计施工图、总平面图、放线成果及已有的测量资料等。搜集的测量资料在使用前应进行实地检测,检测合格应予利用。

11.1.3 竣工图的比例尺宜选用 1:500 比例尺,在建(构)筑物密集且 1:500 比例尺不能满足要求时,可选用 1:200 比例尺。

11.1.4 坐标及高程系统、图幅、注记、图例样式等应与原设计图一致,图例符号应符合现行国家、行业标准的有关规定。

11.1.5 在建(构)筑物不密集和地下管网较简单的情况下,可将地面、地下绘制成一张竣工总图,否则应分别绘制成图。

11.1.6 竣工图上所标注的坐标、高程及尺寸,应精确到 0.01m。

11.2 竣工图测绘

11.2.1 竣工图测绘应包括地形测绘、细部点测量、规划要素测量等工作内容。地形测绘的要求可参照第 6 章的相关内容执行,必要时应按要求加测管线及道路等的纵、横断面。

11.2.2 竣工图测绘的控制测量应符合下列规定:

1 各等级控制点宜埋设标志。

2 首级控制应布设为次级平面网和次级高程网,起始点应采用原工程的控制点。

3 布设的次级网点不能满足竣工图测绘要求时,应加密布设图根点。

11.2.3 细部点测量应符合下列规定：

1 细部点测量的内容可按表 11.2.3-1 执行。

表 11.2.3-1 建(构)筑物细部点测量位置

类别		平面位置	高程位置
建(构)筑物	矩形	外墙角、主要层次区分点	室内地坪
	圆形	圆心、外周特征点	
	其他	外墙角、主要特征点	
地下管道		管道中心起点、终点、转角点、交叉点、井口位置	井台、井底、管顶、下水入口管底
地下电缆		起点、终点、转角点、交叉点的沟道中心、井位、入地处、出地处	起点、终点、转角点、交叉点、入地点、出地点、变坡点的地面和电缆面
架空管道		起点、终点、转角点、交叉点的支架中心	起点、终点、转角点、交叉点、变坡点的基座面
架空线路		铁塔中心、起点、终点、转角点、交叉点杆柱的中心	杆(塔)的地面或基座面
临海护岸		护岸(包括变坡)坡脚、坡顶的起点、终点、转角点	坡脚、坡顶及边坡高程变化处
防波堤、导流堤、隔热堤		堤起点、转角点、终点	堤顶高程、堤内高程
取水泵房侧墙、边墙		起点、转角点、终点	墙底、墙顶高程
渡槽、取排水渠道		起点、转角点、终点	渠道顶高程、渠道内高程
重件码头		码头外缘的转角点	码头平面
港池、航道		外侧坝体坡顶、坡脚的起点、转角点、终点	坝体坡顶、坡脚及变坡位置高程

2 细部点平面测量宜采用极坐标法、GNSS RTK 法、交会法、丈量法、倾斜摄影、三维激光扫描等,细部点高程测量宜采用水准测量、GNSS RTK 法、三角高程测量等。建(构)筑物细部点测

量中误差应符合表 11.2.3-2 的规定。

表 11.2.3-2 建(构)筑物细部点测量中误差

类 别	细部点坐标中误差(cm)	细部点高程中误差(cm)
主要建(构)筑物	$\leq \pm 5$	$\leq \pm 3$
次要建(构)筑物	$\leq \pm 7$	$\leq \pm 4$

3 细部点的检核除根据所测量设施固有的几何关系判断是否正确外,可采用点间实测距离与反算距离的差值不超过表 11.2.3-3 的规定。

表 11.2.3-3 细部点间实测距离与反算距离较差限差

类 别	较差(cm)
主要建(构)筑物	$7 + S/2000$
次要建(构)筑物	$10 + S/2000$

注:S 为细部点间的距离(cm)。

4 细部点的综合信息宜在点或地物的属性中表述。不采用属性表述时,应对细部点进行分类编号,并编制细部点成果表。细部点密度不大时,可直接将细部点的坐标和高程标注在图上。

5 对部分或全部隐蔽的项目,应在回填封闭前进行细部点测量。

11.2.4 规划要素测量宜包括项目规划用地红线测量、项目四至关系测量、建筑高度测量、建筑层高测量、建筑单体及面积测量、规划面积测量等内容,并应符合下列规定:

1 规划用地红线测量应实测红线外 50m 范围内的所有道路,包括道路对面第一排建筑及规划有间距要求的各类建筑物。

2 项目四至关系测量应包括竣工建筑物及周边现状图测量、建筑物与规划道路控制线、征地线、实用面积线、地铁或轻轨控制线、高压线等规划要素关系的标定等。

3 建筑高度测量应包括竣工建筑物的±0m 标高、室内外地坪标高、地下室地坪比高、檐口比高、坡屋脊比高及屋顶附房高度

测量等。

4 建筑单体及面积测量应包括建筑物单体或各层轮廓线尺寸测量。

5 规划面积测量应包括项目用地面积、建筑密度、容积率、绿地率、停车泊位、后退红线等的测量。

11.2.5 规划要素测量的精度要求、数据采集方法、资料形成应与细部点测量相同。

11.2.6 竣工图绘制,应符合下列规定:

1 应绘出地面的建(构)筑物、道路、铁路、地面排水沟渠、树木及绿化地等。

2 矩形建(构)筑物的外墙角应标注两个以上点的坐标。

3 圆形建(构)筑物应标注中心坐标及接地处半径。

4 主要建筑物应标注室内地坪标高。

5 道路的起终点、交叉点应标注中心点的坐标和高程;弯道处应标注交角、半径及交点坐标;路面应标注宽度及铺装材料。

6 铁路中心线的起终点、曲线交点应标注坐标;曲线上应标注曲线的半径、切线长、曲线长、外矢矩、偏角等曲线元素;铁路的起终点、变坡点及曲线的内轨轨面应标注高程。

7 给水管道应绘出地面给水建(构)筑物及各种水处理设施。管道的起终点、交叉点、分支点应注明坐标,变坡处应注明标高,变径处应注明管径及材料,不同型号的检查井应绘详图。

8 排水管道应绘出污水处理构筑物、水泵站、检查井、跌水井、水封井、各种排水管道、雨水口、排水口、出水口、明渠、暗渠等。检查井应注明中心坐标、出入口管底标高、井底标高、井台标高。管道应注明管径、材料、坡度。不同类型检查井应绘出详图。

附录 A 坐标联系测量

A. 0.1 当所采用的坐标(A, B)与国家坐标(X, Y)联测时(图 A. 0. 1), 联测精度不应低于两坐标系统中较低一级网的精度, 联测点数不得少于 2 点, 联测后应按下列公式换算。

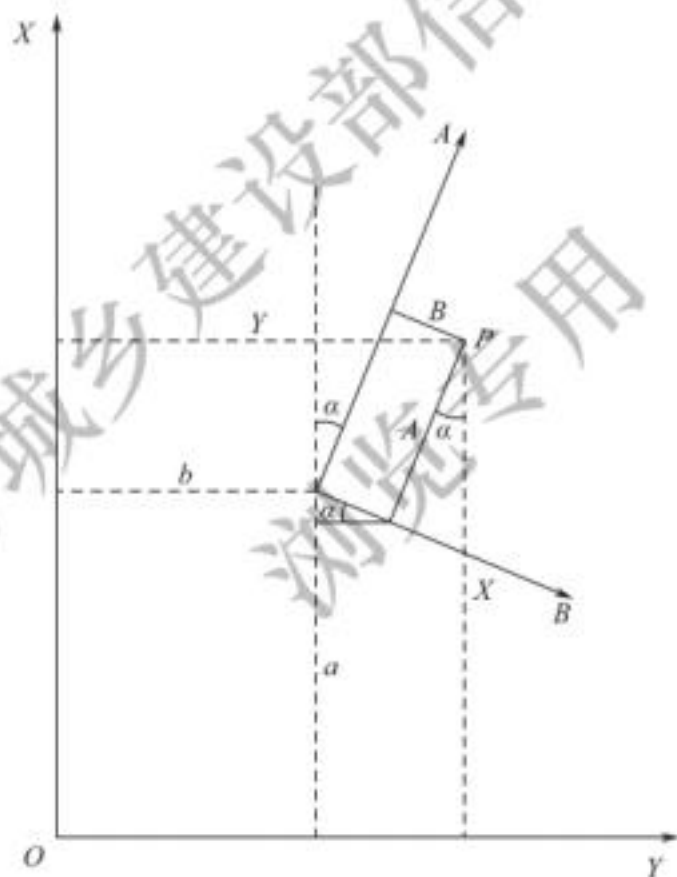


图 A. 0.1 AB 坐标与 XY 坐标关系

1 由 AB 坐标换算到 XY 坐标:

$$X = a + A \cos \alpha - B \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

$$Y = b + A \sin \alpha + B \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

2 由 XY 坐标换算到 AB 坐标:

$$A = (X - a) \cos \alpha + (Y - b) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 1-3})$$

$$B = (Y - b) \cos \alpha - (X - a) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 1-4})$$

式中: A, B —— AB 坐标系的坐标(m);

X, Y —— XY 坐标系的坐标(m);

a, b —— AB 坐标系原点在 XY 坐标系中的坐标, 可按式 (A. 0. 1-5) 和式 (A. 0. 1-6) 计算(m);

α ——两坐标系坐标方位角之差。

3 AB 坐标系原点在 XY 坐标系中的坐标, 可按下列公式计算:

$$a = X - A \cos \alpha + B \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 1-5})$$

$$b = Y - A \sin \alpha - B \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 1-6})$$

4 两坐标系坐标方位角之差可用同一条边的 XY 坐标系和 AB 坐标系的坐标方位角的差求得, 可按下列公式计算, 角度单位可采用弧度或("):

$$\alpha = \alpha_{12} - \alpha'_{12} \quad (\text{A. 0. 1-7})$$

$$\alpha_{12} = \arctan \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (\text{A. 0. 1-8})$$

$$\alpha'_{12} = \arctan \frac{B_2 - B_1}{A_2 - A_1} \quad (\text{A. 0. 1-9})$$

A. 0. 2 当两坐标系统中长度标准有差异时(相对误差大于 $1/400000$), 在坐标换算公式中应加入长度比例系数, 加入长度比例系数后可按下列公式换算:

1 由 AB 坐标换算到 XY 坐标:

$$X = a + KA \cos \alpha - KB \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

$$Y = b + KA \sin \alpha + KB \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

式中: K ——长度比例系数。

2 由 XY 坐标换算到 AB 坐标:

$$A = \frac{1}{K} (X - a) \cos \alpha + \frac{1}{K} (Y - b) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

$$B = \frac{1}{K} (Y - b) \cos \alpha - \frac{1}{K} (X - a) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-4})$$

3 式 (A. 0. 2-1) 和式 (A. 0. 2-2) 中 a, b 可按下列公式计算:

$$a = X - KA \cos \alpha + KB \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-5})$$

$$b = Y - KA \sin \alpha - KB \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 2-6})$$

4 长度比例系数 K 可按下列公式计算,宜取几个数据的平均值:

$$K = \frac{S_g}{S_l} \quad (\text{A. 0. 2-7})$$

$$S_l = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2} \quad (\text{A. 0. 2-8})$$

$$S_g = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (\text{A. 0. 2-9})$$

式中: S_l —— AB 坐标系中点间距离;

S_g —— XY 坐标系中点间距离。

附录 B 平面控制点标志及标石的埋设规格

B.1 平面控制点标志

B.1.1 三等、四等平面控制点标志可采用瓷质或金属等材料制作,其规格见图 B.1.1-1 和图 B.1.1-2。

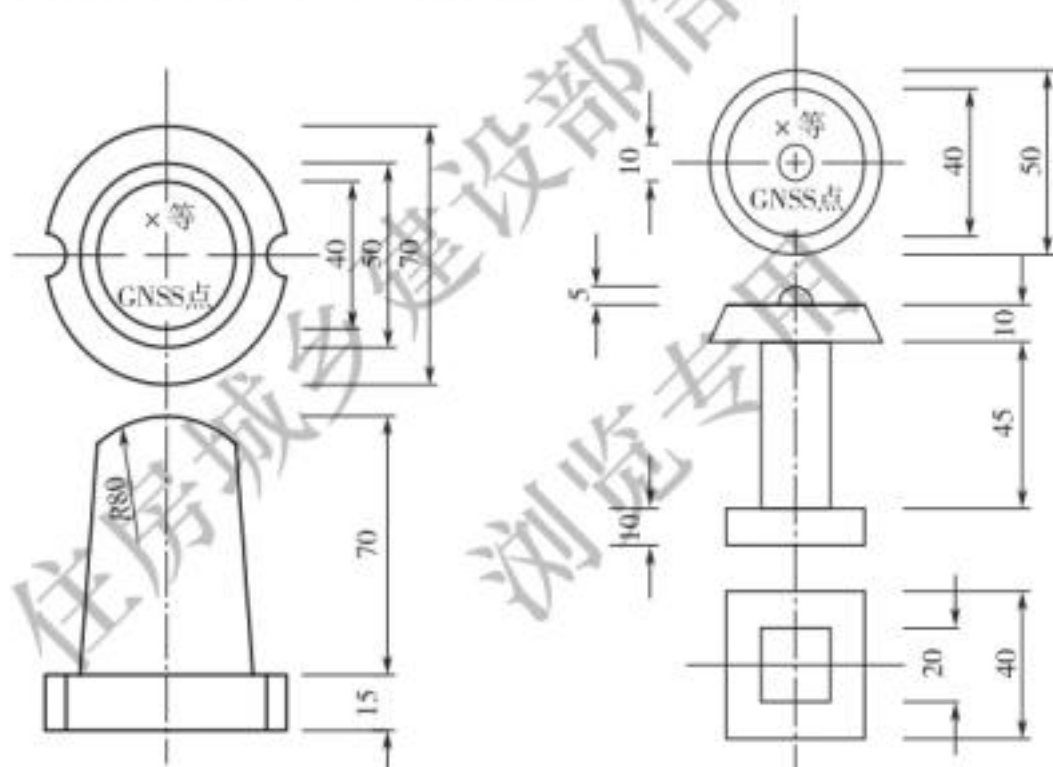


图 B.1.1-1 瓷质标志(单位:mm)

图 B.1.1-2 金属标志(单位:mm)

B.1.2 一级、二级平面控制点标志可采用 $\phi 14 \sim \phi 20$ 、长度为300mm~400mm的普通钢筋制作,钢筋顶端应锯“+”字标记,距底端50mm处应弯成钩状。

B.2 平面控制点标石埋设

B.2.1 三等、四等平面控制点标石规格及埋设结构图见图 B.2.1,冻土和岩石裸露地区的标石应根据具体情况另行设计。

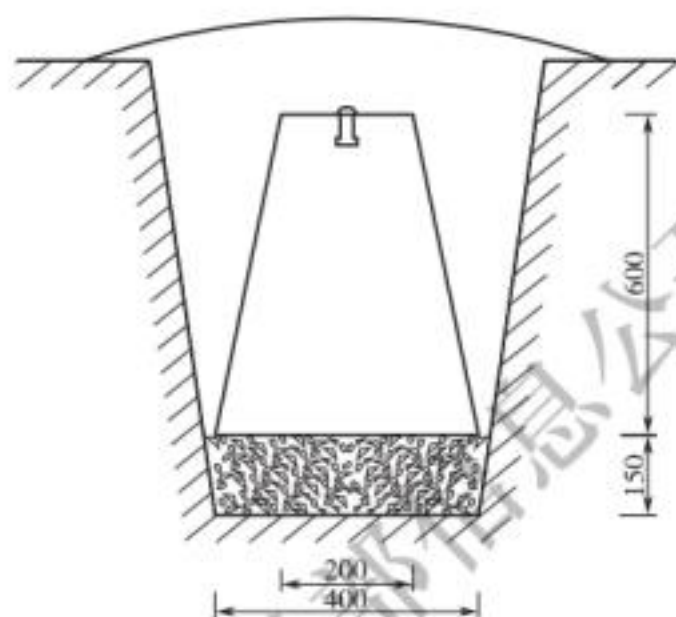


图 B. 2. 1 三等、四等平面控制点标石规格及埋设结构图(单位:mm)

B. 2. 2 一级、二级平面控制点标石规格及埋设结构图见图 B. 2. 2。

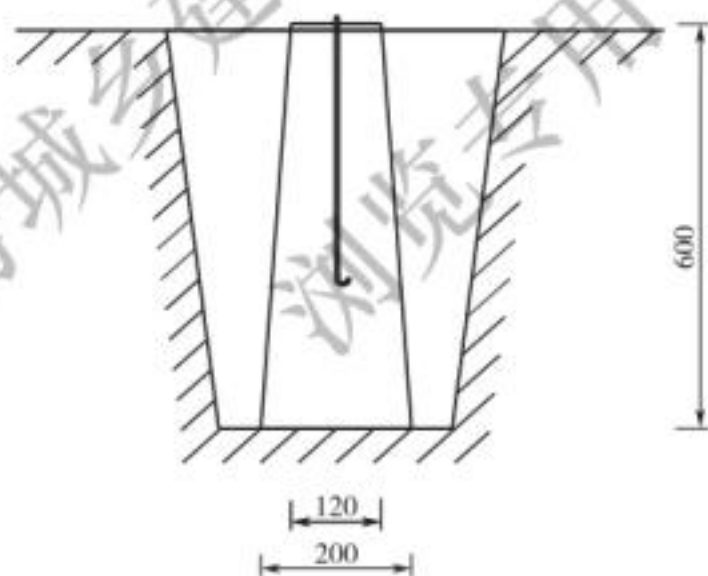


图 B. 2. 2 一级、二级平面控制点标石规格及埋设结构图(单位:mm)

附录 C 控制点点之记

表 C 控制点点之记

点名及 种类	控制点	点名		土质		
		点号				
	相邻点 情况			标石说明		
				旧点名		
点位概况						
概略位置		X=	m	远景照片		
		Y=	m			
		H=	m			
		L=	° ' " E			
		B=	° ' " N			
(点位略图)				近景照片		
埋石者		绘图者		记录者		
埋石日期		绘图日期		校对者		
备注						

附录 D GNSS 测量记录手簿格式

表 D GNSS 测量记录手簿

点号		测量员		日期	
接收机 名称及编号		天线类型 及编号		存储介质 名称及编号	
采样间隔		开始记录 时间		结束记录 时间	
天线高测定		点位略图及交通线路图			
记录前					
记录后					
平均值					
时间(UTC)		跟踪卫星号及信噪比		天气状况	
备注					

附录 E 大地坐标系的椭球基本参数 和几种曲率半径的计算

E.0.1 我国常用的几种常见大地坐标系的地球椭球的基本几何参数应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1 几种常见大地坐标系的地球椭球的基本几何参数

基本参数	克拉索夫斯基 椭球体	1975 年国际 椭球体	WGS-84 椭球体	2000 国家大地 坐标系椭球体
a	6378245m	6378140m	6378137m	6378137m
b	6356863.0188m	6356758.2882m	6356752.3142m	6356752.3141m
c	6399698.9018m	6399596.6520m	6399593.6258m	6399593.6259m
α	1/298.3	1/298.257	1/298.257223563	1/298.257222101
e^2	0.006693421622966	0.006694384999588	0.00669437999013	0.006694380022901
e'^2	0.006738525414683	0.006739501819473	0.006739496742227	0.006739496775479

注： a 为椭球的长半轴(m)， b 为椭球的短半轴(m)， c 为极曲率半径(极点处的子午线曲率半径)(m)， α 为椭球的扁率， e^2 为椭球的第一偏心率平方， e'^2 为椭球的第二偏心率平方。

E.0.2 椭球面上任意一点的几种曲率半径可按下列公式计算：

1 两个常用的辅助函数：

$$\begin{cases} W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} \\ V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B} \end{cases} \quad (\text{E.0.2-1})$$

式中： W ——第一基本纬度函数；

V ——第二基本纬度函数；

B ——大地纬度。

2 子午圈曲率半径：

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{W^3} = \frac{c}{V^3} \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

3 卯酉圈曲率半径:

$$N = \frac{a}{W} = \frac{c}{V} \quad (\text{E. 0. 2-3})$$

4 地球平均曲率半径:

$$R_m = \sqrt{MN} = \frac{c}{V^2} \quad (\text{E. 0. 2-4})$$

5 任意方向法截弧的曲率半径:

$$R_A = R_m - \frac{R_m}{2} e^2 \cos B \cos 2A \quad (\text{E. 0. 2-5})$$

式中: M ——子午圈曲率半径(m);

N ——卯酉圈曲率半径(m);

R_m ——地球平均曲率半径(m);

R_A ——任意方向法截弧的曲率半径(m);

A ——任意方向的方位角。

附录 F 全国主要高程系统零点高程互换表

表 F 全国主要高程系统零点高程互换

吴淞零点 高程							
+0.511	大沽口 零点						
+1.677	+1.166	胶济铁路 零点					
+1.744	+1.233	+0.067	废黄河 零点				
+1.807	+1.296	+0.130	+0.063	1956 年黄海 平均海面			
+1.836	+1.325	+0.159	+0.092	+0.029	1985 国家 高程基准		
+1.890	+1.379	+0.213	+0.146	+0.083	+0.054	1954 年黄海 平均海面	
+2.044	+1.533	+0.367	+0.300	+0.237	+0.208	+0.154	坎门 零点

注：1 表中零点高程换算值可在判读地形图的高程时参考使用；精确零点高程换算值应通过搜集相应的高程系统水准点成果，并应经计算或联测得到。

2 表中所列数值均为正值，吴淞零点为最低。同一点的高程值在本表的主要高程系统中以吴淞零点的高程值为最大，并且远离零点地区的两个系统高程值之差会略有不同。

3 相邻两种高程系统零点差值可直接从表中查取，所列数值均应为正值。不相邻两种高程系统零点差值换算可按表中对应数值进行。

附录 G 各等级高程控制点标志、埋石类型及要求

G.0.1 以水准点标志和埋设为例,其他等级高程控制点的标志和埋设可按本标准附录 B 的有关规定执行。

G.0.2 水准点标志、标石埋设规格(图 G.0.2-1~图 G.0.2-3)应符合下列规定:

1 水准点标石如无专用标志,可采用不短于 400mm 的钢筋 $\phi 10 \sim \phi 20$ 代替,钢筋顶端应制成球状,下端应制成钩形插入混凝土中。

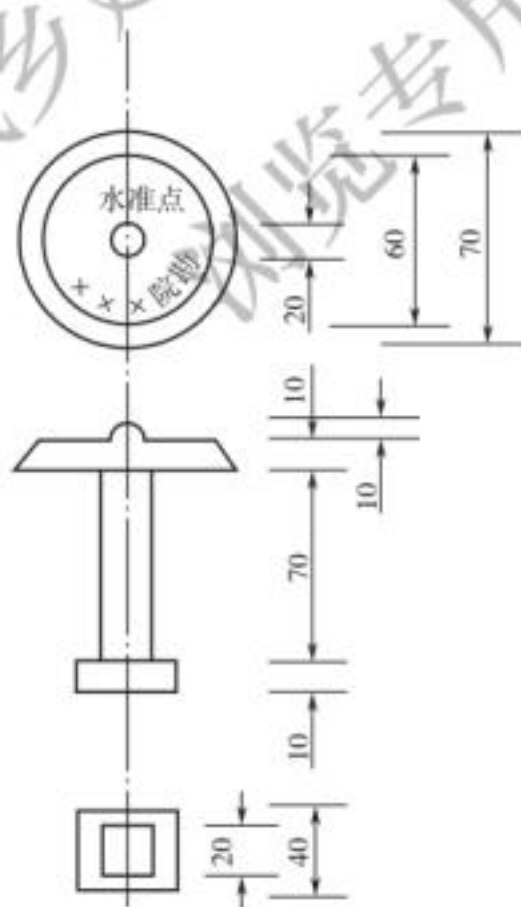


图 G.0.2-1 金属标志(单位:mm)

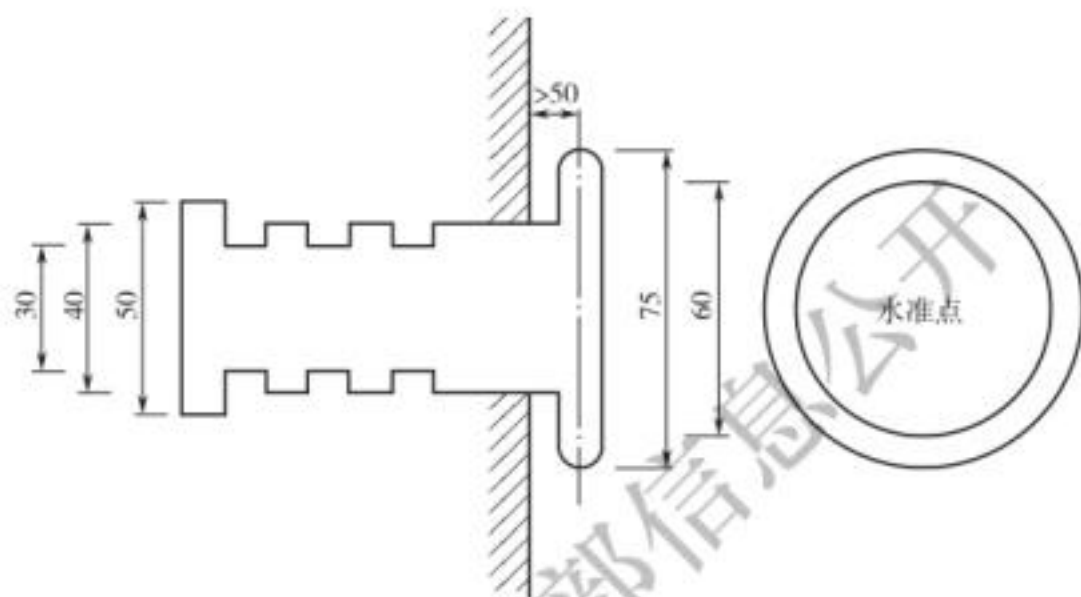


图 G.0.2-2 墙上水准点标志(单位:mm)

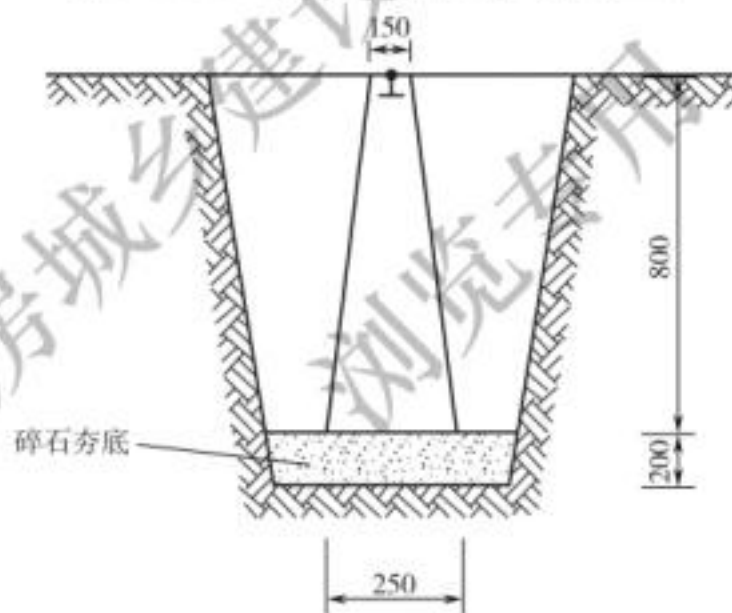


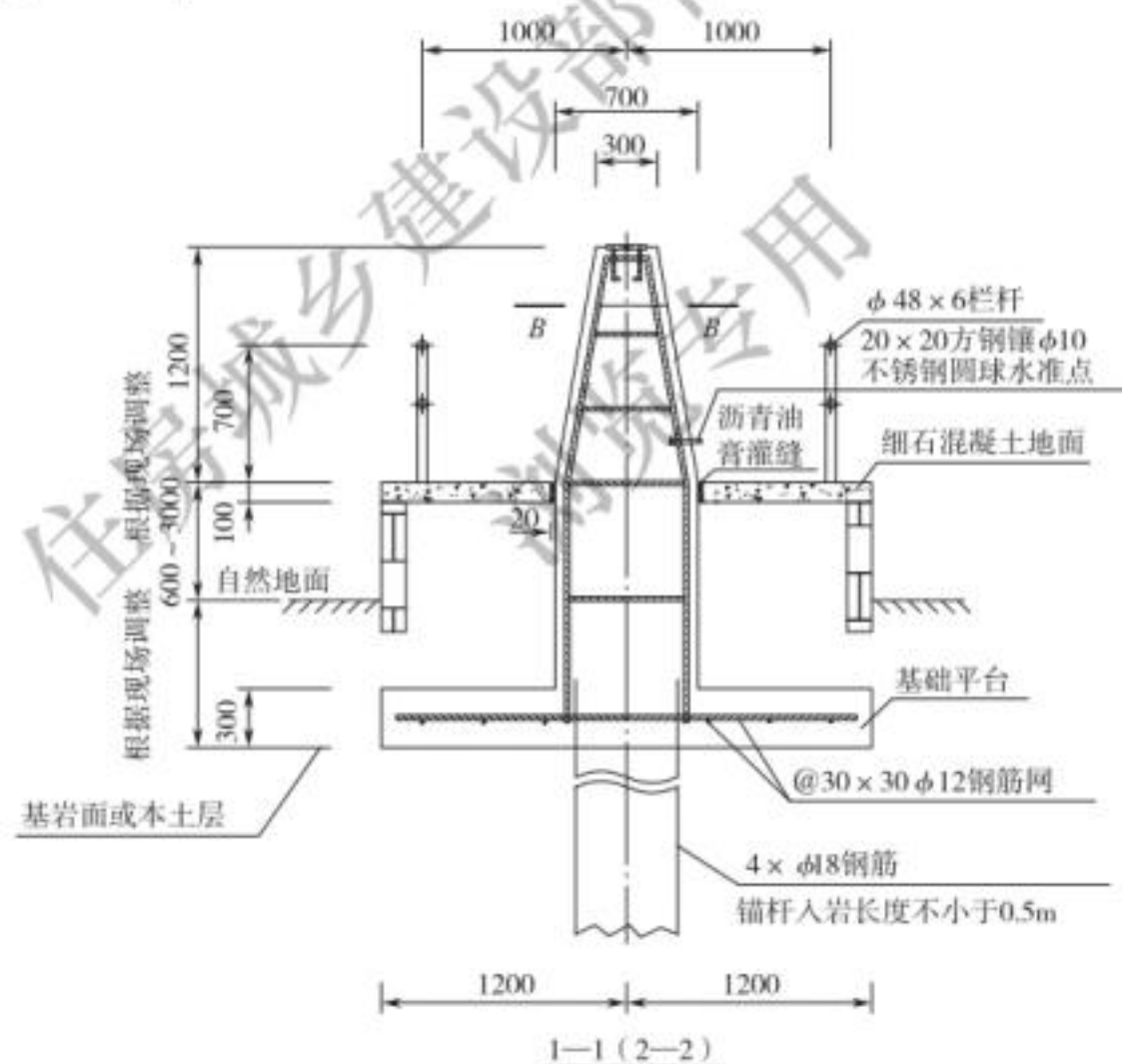
图 G.0.2-3 水准点标石埋设(单位:mm)

- 2 标石可采用自然石桩,也可用混凝土在现场浇灌。
- 3 冻土地区埋设规格可按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898的有关规定执行。

附录 H 次级网点、微网点和测量通视孔 标志、埋设规格及要求

H.1 次级控制网观测墩结构示意图

H.1.1 次级控制网强制对中观测墩钢筋混凝土结构制作规格见图 H.1.1。



(a) 观测墩垂直截面示意图

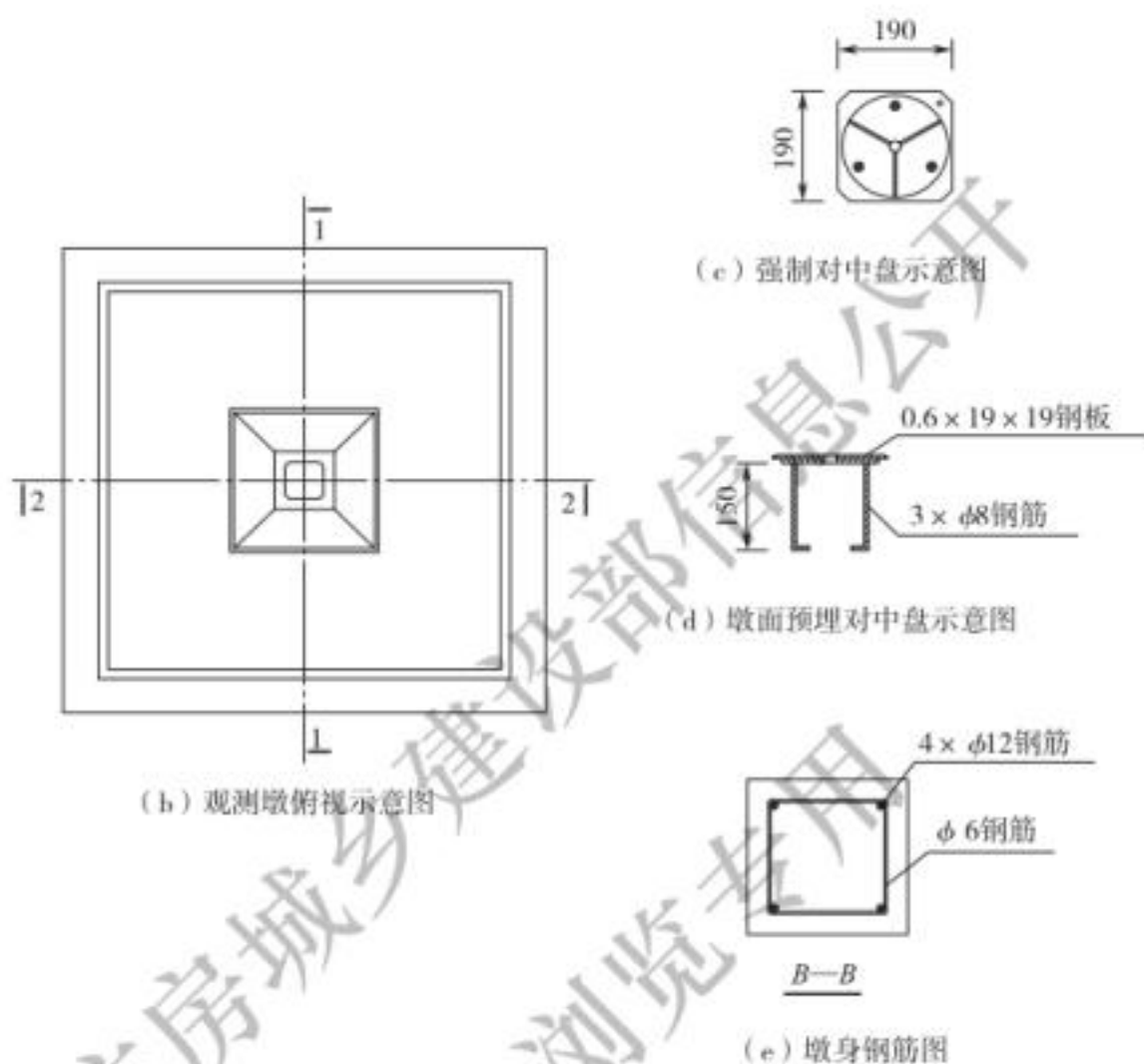


图 H.1.1 次级控制网观测墩结构(单位:mm)

- 注:1 图中锚杆长度可根据现场地质条件确定。
 2 围栏采用 $\phi 5$ 钢管焊接,涂红白相间油漆。
 3 观测墩采用混凝土浇筑。
 4 混凝土浇筑过程要保证强制对中盘的水平。

H.1.2 观测墩桩基础可采用钻孔灌注桩、挖孔桩、沉管桩等,桩深和桩径可根据地质条件确定,应深埋至基岩。如点位基岩外露或岩面较浅,也可直接将基础平台浇筑在基岩面上。

H.2 厂房内部微网控制点构造示意图

H.2.1 厂房内部微网平面控制点的构造规格见图 H.2.1。

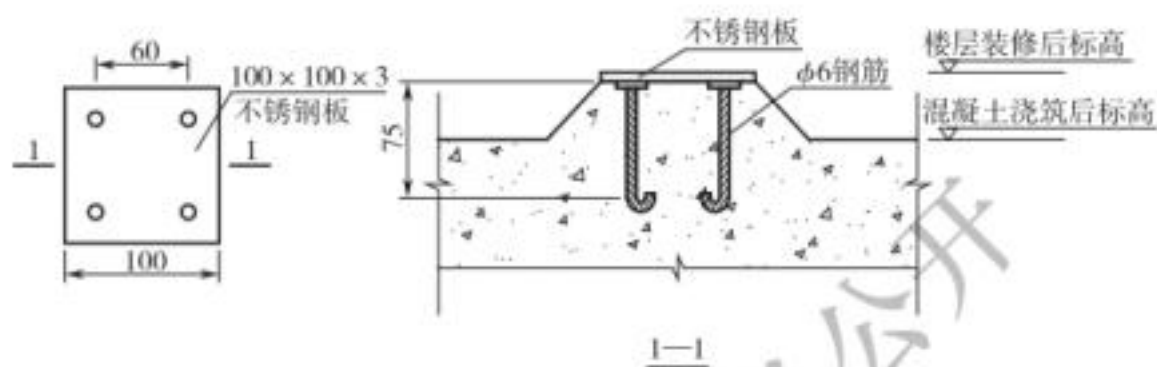


图 H. 2. 1 微网平面控制点构造(单位:mm)

H. 2. 2 厂房内部微网高程控制点的构造规格见图 H. 2. 2。

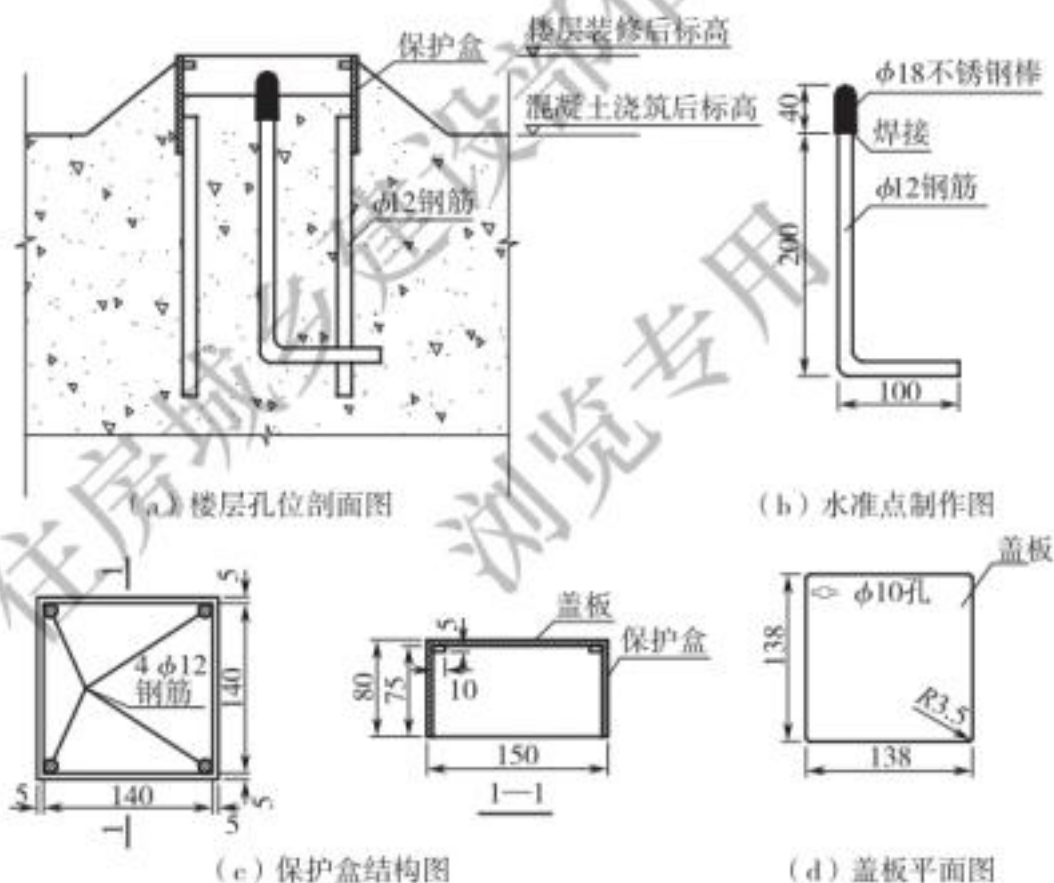


图 H. 2. 2 微网高程控制点构造(单位:mm)

注:盖板及保护盒钢板使用 5mm 厚碳钢钢板。

H. 2. 3 微网点位应按要求选择合适的位置,并应便于日后使用。

H. 3 微网点测量通视孔构造示意图

H. 3. 1 厂房内部微网点测量专用垂直通视孔的构造规格见图 H. 3. 1。

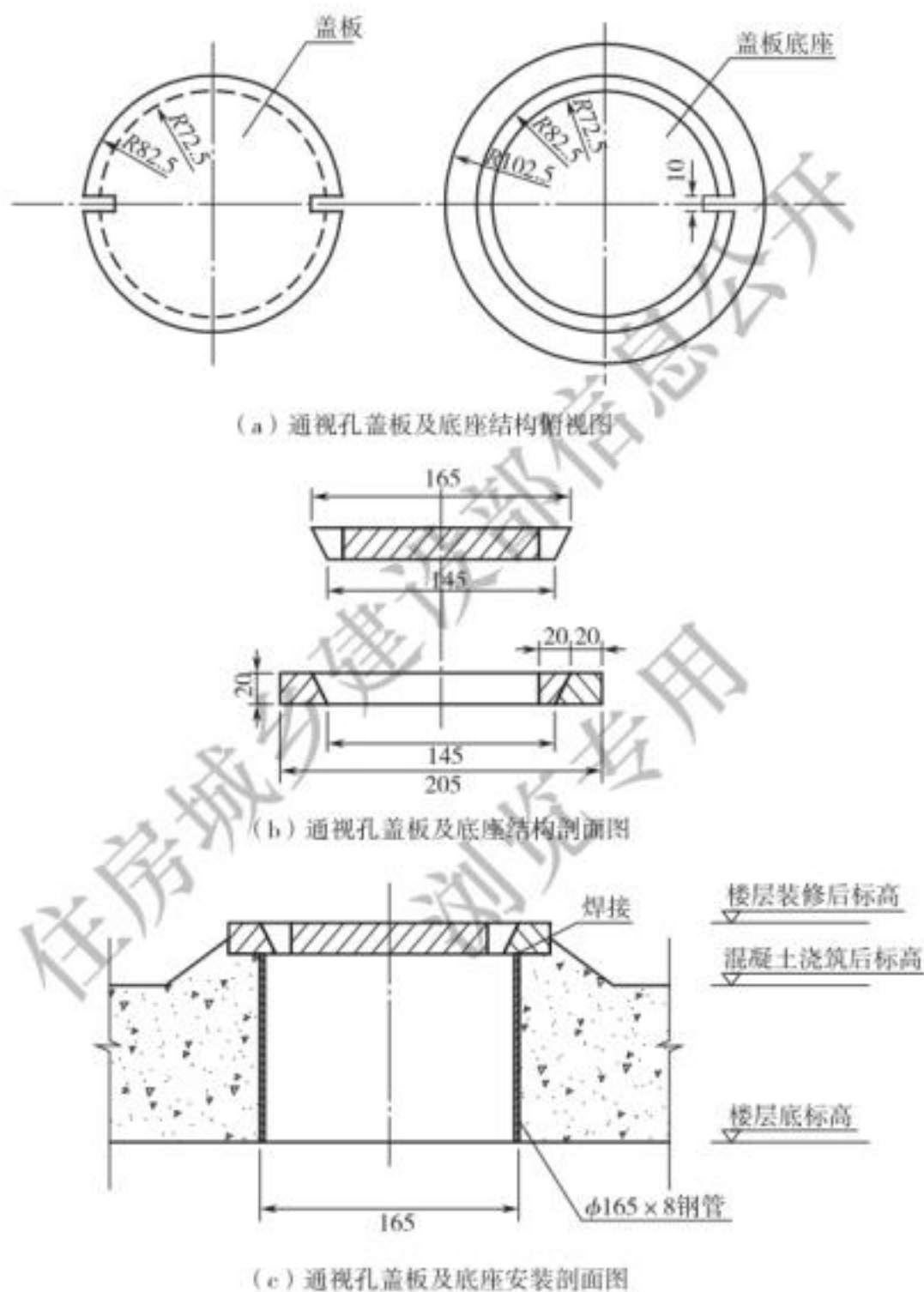


图 H.3.1 微网点测量通视孔构造(单位:mm)

注:盖板及底座使用 20mm 厚碳钢钢板。

H.3.2 测量通视孔钢管应垂直埋设,通过钢管中心的铅垂线方向应与对应的微网点准确重合。

附录 J 建(构)筑物主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值的计算公式

J. 0. 1 建(构)筑物主体的倾斜率应按下式计算:

$$i = \tan \alpha = \frac{\Delta D}{H} \quad (\text{J. 0. 1})$$

式中: i ——主体的倾斜率;

α ——倾斜角($^{\circ}$);

ΔD ——建(构)筑物顶部观测点相对于底部观测点的偏移值(m);

H ——建(构)筑物的高度(m)。

J. 0. 2 按差异沉降推算的主体倾斜值应按下式计算:

$$\Delta D = \frac{\Delta S}{L} H \quad (\text{J. 0. 2})$$

式中: ΔD ——倾斜值(m);

ΔS ——基础两端点的沉降差(m);

L ——基础两端点的水平距离(m);

H ——建(构)筑物的高度(m)。

附录 K 基础相对倾斜值和基础挠度计算公式

K. 0.1 基础相对倾斜值应按下式计算：

$$\Delta S_{AB} = \frac{S_A - S_B}{L} \quad (\text{K. 0.1})$$

式中： ΔS_{AB} ——相对倾斜值；

S_A 、 S_B ——倾斜段两端观测点 A、B 的垂直位移量(m)；

L ——A、B 间的水平距离(m)，见图 K. 0.1。

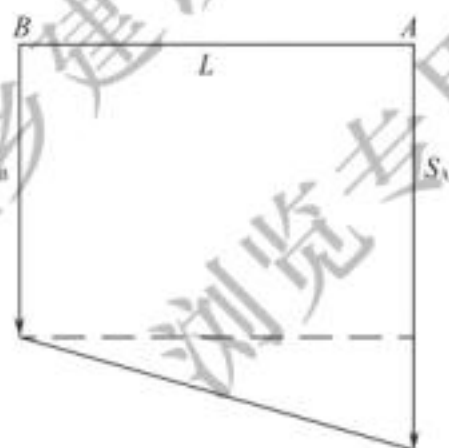


图 K. 0.1 基础的相对倾斜

K. 0.2 基础的挠度应按下式计算：

$$f_c = \Delta S_{BC} - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \Delta S_{AB} \quad (\text{K. 0.2})$$

式中： f_c ——挠度(m)；

ΔS_{BC} ——B、C 的沉降差(m)；

ΔS_{AB} ——A、B 的沉降差(m)；

L_1 ——B、C 间的水平距离(m)；

L_2 ——A、B 间的水平距离(m)，见图 K. 0.2。

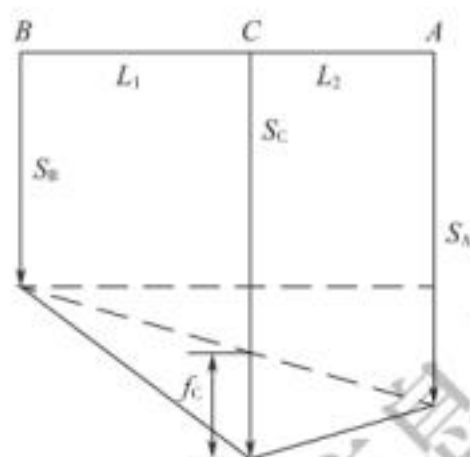


图 K. 0. 2 基础的挠度

S_C —观测点 C 的垂直位移量

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《工程测量标准》GB 50026
- 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 《330kV~750kV 架空输电线路勘测标准》GB/T 50548
- 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898
- 《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923
- 《地理空间数据交换格式》GB/T 17798
- 《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1
- 《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2
- 《基础地理信息数字成果 数据组织及文件命名规则》CH/T 9012
- 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076
- 《电力工程数字摄影测量规程》DL/T 5138
- 《电力工程施工测量标准》DL/T 5578
- 《公路勘测规范》JTG C10
- 《水运工程测量规范》JTS 131